

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения (ИнЭО)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжения
ООО «Сибирский Механический Завод»

УДК 621.31.031:621.31.002(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A16	Абакумов Алексей Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	Кандидат технических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Завьялов В.М.	д.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения (ИнЭО)
Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) _____ (Дата) **Завьялов В.М.**
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A16	Абакумов Алексей Владимирович

Тема работы:

Электроснабжение ООО «Сибирский Механический Завод»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ИнЭО от 27.04.16 №3236/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	Июнь 2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Получены по материалам преддипломной практики
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по</i>	1. Общие сведения о предприятии 2. Определение расчетной электрической нагрузки цеха 3. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом 4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Схема внешнего электроснабжения цеха

<i>работе).</i>	7. Схема внутри заводской сети 10 кВ 8. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В 9. Выбор высоковольтных аппаратов защиты 10. Электроснабжение механического цеха 11. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В 12. Построение эпюр отклонения напряжений 13. Построение карты селективности действия защитных аппаратов 14. Молниезащита 15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение 16. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Генплан предприятия с картограммой нагрузок 2. Схема расположения трансформаторов в цехах 3. Схема питания завода 4. Схема силовой сети механического цеха 5. Молниезащита 6. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.т.н. Коршунова Л.А.
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н. Бородин Ю.В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.03 2016
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A16	Абакумов Алексей Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 112 с., 18 рис., 25 табл., 28 источников, 6 приложений.

Ключевые слова: станки, электрооборудование, схема электроснабжения, линия, сеть, электроприемник, нагрузка, оборудование, защита, ток, напряжение.

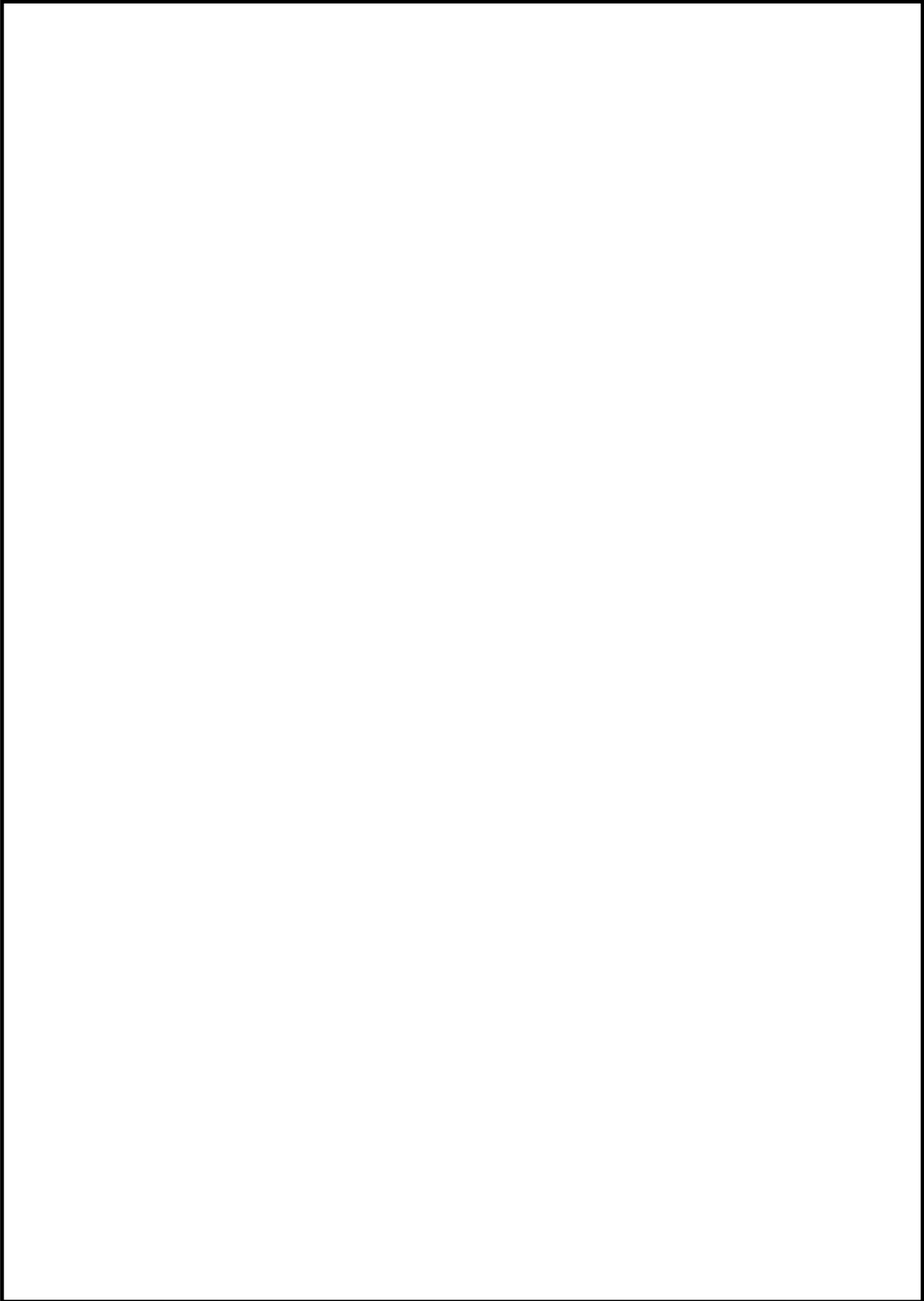
Объектом исследования является электрическая часть ООО "СибМЗ". Цель работы – электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

В процессе исследования проводился сбор исходных данных в ходе производственной практики на объекте исследования.

В результате была спроектирована схема электроснабжения от подстанции энергосистемы, до конечного электроприемника. Были выбраны кабели и провода, коммутационное оборудование, были сделаны необходимые проверки. Также результатом работы стал экономический расчет капитальных затрат на сооружение данной схемы, определены условия безопасного труда рабочих предприятия.

Основные характеристики: схема электроснабжения состоит из кабельных и воздушных линий электропередачи. В высоковольтной сети применяются вакуумные выключатели, в низковольтной сети автоматические выключатели. Воздушные линии располагаются на опорах, кабельные – на лотках. Схема проста в эксплуатации и надежна по степени бесперебойности питания. Схема пригодна к эксплуатации.

Значимость проектирования схемы электроснабжения очень высокая, так как от правильной ее работы зависит работа всего предприятия



					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Содержание			
Выполнил	Абакумов А.В.							
Руковод	Муравлев И.О.							
					НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01			

Содержание:

Введение.....	8
Описание предприятия и вида его деятельности.....	10
1. Исходные данные к проекту.....	13
2. Определение расчетных электрической нагрузки механического цеха	17
3. Определение расчетной нагрузки завода в целом	21
4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок.....	26
5. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	31
6. Схема внешнего электроснабжения цеха.....	37
6.1 Составление схемы внешнего электроснабжения.....	37
6.2 Выбор трансформаторов ГПП.....	38
7. Схема внутриводской сети 10 кВ	41
8. Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением выше 1000 В	43
9. Выбор высоковольтных аппаратов защиты	48
9.1 Выбор высоковольтных выключателей и разъединителей	48
9.2 трансформаторов тока	48
9.3 Выбор трансформаторов напряжения	50
10 Электроснабжение цеха	53
10.1 Выбор автоматических выключателей	53
10.2 Выбор сечений шинопроводов	58
10.3 Выбор сечения питающего проводника	58
11. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В	61
12. Построение эпюр отклонений напряжений	64
13. Построение карты селективности действия защитных аппаратов.....	72
14. Молниезащита ГПП.....	75
15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	82
16. Социальная ответственность	91
17. Заключение	107
Список литературы	110

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат				
Выполнил	Абакумов А.В				Введение	Лит	Лист	Листов
Руковод	Муравлев И.О.							
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

Введение.

Работа отраслей промышленности в настоящее время связано с использованием эл.энергии, полученной от электростанций. Электроэнергия все шире применяют в транспорте, в сельском хозяйстве, в быту – кондиционирования воздуха, для освещения, приготовления и др.

Рассмотрим некоторые важные особенности электроэнергетики, применяемые к системе электроснабжения промышленных предприятий.

1. Одновременные процессы потребления, распределения, производства эл.энергии приводящие к тому, что нельзя произвести эл.энергию, не имея потребителей для нее: выработка эл.энергии определяют потреблением и наоборот. При этом следуют отметить, что потребление, распределение преобразование и эл.энергии на всех уровнях система эл.снабжения происходящие с потерями, которые нужно учитывать.
2. Скорость протекания переходных процессов требует обязательных применений в системах эл.снабжения специальных автоматических устройств. Ключевое применение устройств – обеспечения функционирования систем эл.снабжения, заключающихся в передаче эл.энергии от источника к месту потребления в необходимых количествах и соответствующего качества.
3. Технологическая особенность промышленных предприятий разных отраслей промышленности является в неравномерных процессах производств, развитии и изменений технологических процессов, увеличений электроемкостей, обуславливают различий в принимаемой проектной решений по системе эл.снабжения, например в часте обеспечения надежности эл.снабжения, гибкости схемы, применений конкретных изделий электротехнической промышленности.

Приведенные особенности позволяют рассматривать электроснабжение предприятия как самостоятельную подсистему в системе производства.

В данной работе будет произведен расчет электроснабжения заданного предприятия, а именно “Сибирского механического завода” в соответствии со всеми установленными правилами расчета электроснабжения промышленного предприятия. Так же будет приведен расчет механического цеха данного предприятия.

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Описание предприятия и вида его деятельности			Лит	Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В.									
Руковод	Муравлев И.О.									
								НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

Описание предприятия и вида его деятельности.

Сибирский механический завод создан в 2011г. в результате реструктуризации ОАО «Сибирский химический комбинат» на базе выделенного из состава комбината Ремонтно-механического завода. История РМЗ ОАО «СХК» насчитывает 60 лет. Свою деятельность завод начал в 1952 году на территории Томской области в составе Сибирского химического комбината и продолжил с 2011г. уже в качестве ООО «СибМЗ» дочернего общества ОАО «СХК». Основными задачами по прежнему остаются обеспечение потребности СХК в запасных частях; проведение монтажа и ремонта оборудования, зданий и сооружений; изготовление нестандартного оборудования; организация выпуска товаров народного потребления (ТНП), общепромышленной продукции, оказание услуг населению. СибМЗ ориентирован на выпуск нестандартного оборудования, оснастки, инструмента и запасных частей для подразделений комбината и сторонних организаций, а так же проведения монтажных и ремонтно-строительных работ по капитальному ремонту и капитальному строительству зданий и сооружений.

Характер производства – мелкосерийный и единичный, с замкнутым циклом. Завод оснащен универсальным оборудованием. Имеется участок станков с ЧПУ (токарные, фрезерные, электроискровые), на которых выполняется механическая обработка деталей сложной конфигурации с возможностью быстрой переналадки под изменяющуюся производственную программу. Штат укомплектован работниками более 100 специальностей, необходимых для ритмичного производственного процесса. Основными направлениями деятельности завода являются:

Изготовление, монтаж и ремонт оборудования, подконтрольного РОСТЕХНАДЗОРу, по имеющимся у завода лицензиям на выполняемые работы:

1. Производство изделий, металлоконструкций и механосборочные работы общего машиностроительного профиля;
2. Изготовление оснастки и инструмента;
3. Выполнение строительно-монтажных работ, включая работы по капитальному ремонту зданий и сооружений, техническому перевооружению, устройству наружных и внутренних инженерных сетей и оборудования, монтажу технологического оборудования, подъемных сооружений и объектов котлонадзора;
4. Производство строительных материалов, конструкций и изделий (в том числе товарного бетона и раствора);
5. Деревообработка. Производство деревянных строительных конструкций и изделий.

Все изделия выпускаются на заводе по утвержденным технологическим процессам, гарантирующим высокое качество изготовления и полное соответствие изделий требованиям нормативной и конструкторско-технической документации. На заводе существует пооперационная система контроля качества выпускаемой продукции.

Лаборатория контроля производства осуществляет контроль материалов, сварных соединений разрушающими методами (растяжение, испытание на изгиб, ударная вязкость) и неразрушающими методами (радиографический контроль, цветная дефектоскопия, ультразвуковые и другие современные методы контроля и испытаний)

В настоящее время СибМЗ — одно из крупнейших дочернего подразделений комбината. Здесь установлено 1117 единиц различного оборудования. Количество энергии, потребляемой заводом, составляет 12 миллионов КВт/час в год.

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат				
Выполнил	Абакумов А.В.				Исходные данные к проекту	Лит	Лист	Листов
Руковод	Муравлев И.О.							
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

1. Исходные данные к проекту:

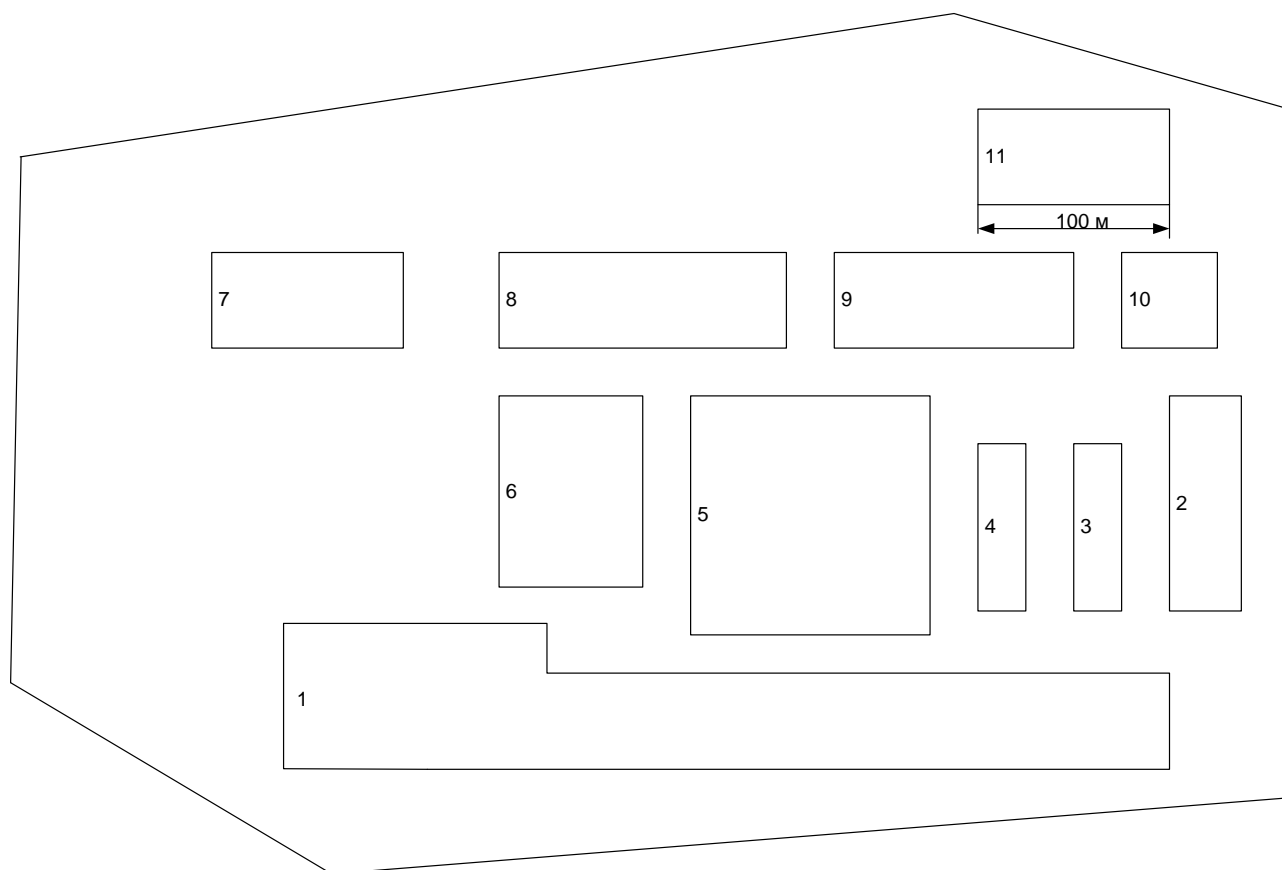


Рисунок 1.1. Генеральный план завода

Таблица 1.1. Сведения об электрических нагрузках цехов завода

№ п/п	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Главный корпус	380
2	Заводуправление	75
3	Формовочный	750
4	Механический	-
5	Бетонно-смесительный	520
6	Столовая	150
7	Арматурный	1000
8	Котельная	1300
9	Ремонтно-механический	960
10	Автопарк	500
11	Компрессорная 0,38 кВ	35
11	Компрессорная 10 кВ (СД)	430

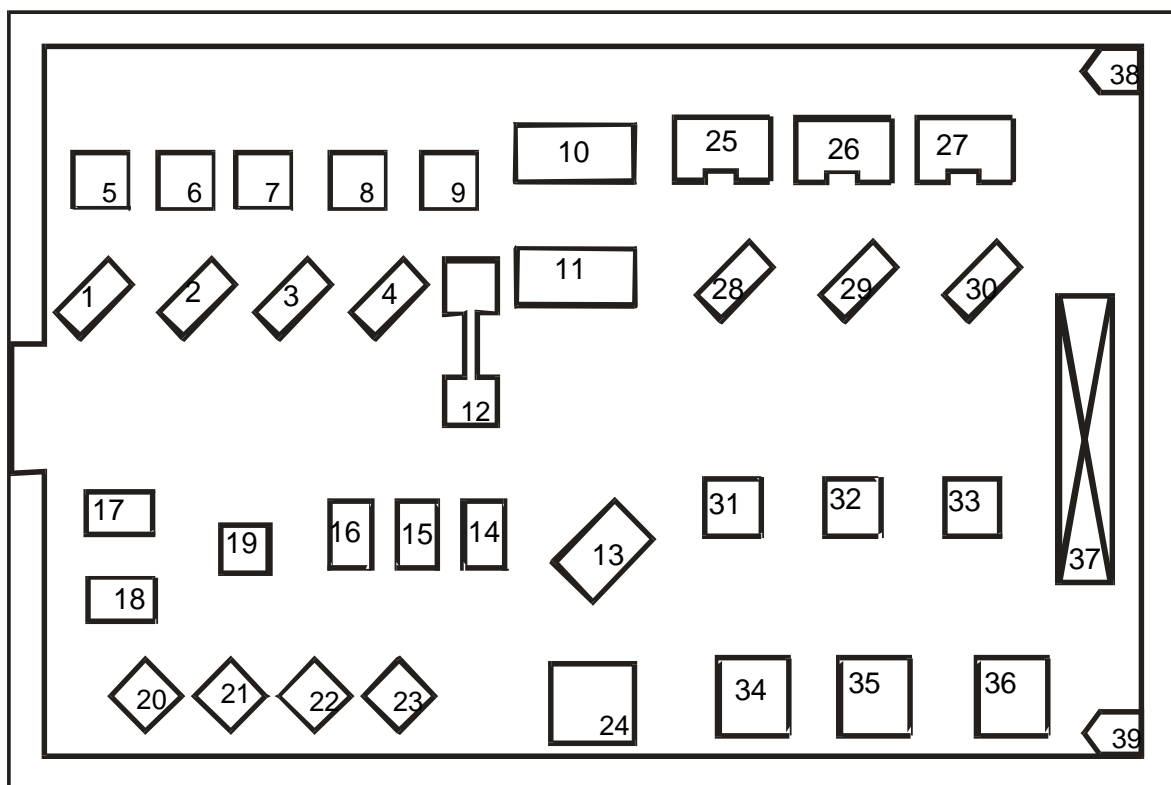


Рисунок 1.2. План механического цеха

Таблица 1.2. Сведения об электрических нагрузках механического цеха

№ на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт
1-4	Электроэрозионный станок	24
5-9	Токарный станок	17
10-11	Горизонтально-фрезерный станок	20
12	Гидравлический пресс	40
13	Токарный станок с ЧПУ	28
14-16	Токарный станок	29
17-18	Вертикально-сверлильный станок	9
19	Долбежный станок	15
20-23	Фрезерный станок	12
24	Механический пресс	58
25-27	Внутришлифовальный станок	18
28-30	Плоскошлифовальный станок	17
31-36	Координатно-расточной станок	22
37	Кран-балка ПВ=40%	29
38-39	Вентилятор	12

Таблица 1.3. Характеристика среды производственных помещений и потребителей электроэнергии

№ п/п	Наименование цеха	Характеристика производственных помещений	Категории ЭП по степени бесперебойности питания
1	Главный корпус	Нормальная	III
2	Заводоуправление	Нормальная	III
3	Формовочный	Нормальная	II
4	Механический	Нормальная	II
5	Бетонно-смесительный	Нормальная	III
6	Столовая	Нормальная	III
7	Арматурный	Пыльная, жаркая	III
8	Котельная	Нормальная	II
9	Ремонтно-механический	Нормальная	II
10	Автопарк	Пыльная, жаркая	III
11	Компрессорная 0,38 кВ	Нормальная	III
11	Компрессорная 10 кВ (СД)	Нормальная	III

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Определение расчетной электрической нагрузки механического цеха	Лит	Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В.							
Руковод	Муравлев И.О.							
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

2. Определение расчетной электрической нагрузки цеха.

Расчет силовых нагрузок цеха производим по методу упорядоченных диаграмм, с использованием коэффициента максимума и $P_{см}$.

Все электроприемники цеха разбиваются на две группы с одинаковыми режимами работы:

- электроприемники с переменным графиком нагрузки, $k_{и} < 0,6$ – группа А;
- электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, $k_{и} \geq 0,6$ – группа Б.

По каждой группе определяется суммарная номинальная мощность:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном i},$$

в которую входят мощности ЭП, приведенные к ПВ=100%.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников:

$$P_{см} = k_{и} \cdot P_{ном},$$

где $k_{и}$ – коэффициент использования.

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \phi.$$

Коэффициент использования $k_{и}$ и $\cos \phi$ для каждого ЭП или группы ЭП определяются по справочным данным (табл.П.2.1,1).

Средневзвешенный коэффициент использования определяется:

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}},$$

где $\sum P_{см}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену группы электроприемников цеха, $\sum P_{ном}$ – суммарная установленная мощность группы электроприемников цеха.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым или по таблице (табл.2.1., 2) в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования $K_{и.ср}$ и эффективного числа электроприемников $n_э$, для данной группы:

$$n_э = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{ном i} \right)}{\sum_{i=1}^n P_{ном i}}.$$

При $m \leq 3$ и любом значении $K_{и.ср}$ допускается принимать $n_э = n$, где n – исходное число ЭП; $m = \frac{P_{ном. max}}{P_{ном. min}}.$

Расчетная активная и реактивная мощности группы приемников определяются из выражений:

$$P_{max} = k_{max} \cdot P_{см},$$

$$Q_{max} = Q_{см} \text{ при } n_э > 10,$$

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} \text{ при } n_3 \leq 10.$$

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{p.o} = P_{\text{ном.o}} \cdot k_{c.o},$$

$k_{c.o}$ принимается по справочным данным (табл.П.2.2,2).

$$P_{\text{ном.o}} = P_{\text{уд.o}} \cdot F_{\text{ц}},$$

где $P_{\text{уд.o}}$ – удельная плотность осветительной нагрузки по (табл.П.2.3,2), $F_{\text{ц}}$ – площадь цеха по генплану (рис.1.2).

Полная расчетная нагрузка цеха с учетом освещения определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2}.$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}.$$

Пример:

Кран-балка ПВ=40%: $P_{\text{уст}}=29$ кВт; $k_{\text{и}}=0,1$, $\cos\varphi=0,5$ (табл.П.2.1,1);

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{уст}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 29 \cdot \sqrt{0,40} = 18,34 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см}} = k_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}} = 0,1 \cdot 18,34 = 1,83 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 1,83 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,5)) = 3,17 \text{ кВар};$$

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}} = \frac{58}{9} = 6,4;$$

при $m > 3$ $n=36$, $n_1=5$, $n_*=n_1/n=0,14$,

$$P_1=163,34 \text{ кВт}, P=730,34 \text{ кВт}, P_*=163,34/730,34=0,22$$

$$n_3^*=0,88, n_3=0,88 \cdot 36=31,68=32$$

$$k_{\max}=1,44 \text{ (табл.2.1,2);}$$

$$P_{\max} = k_{\max} \cdot P_{\text{см}} = 1,44 \cdot 1,83 = 2,63 \text{ кВт};$$

$$Q_{\max} = Q_{\text{см}} = 3,17 \text{ кВар при } n_3 > 10.$$

$$F_{\text{ц}}=1753 \text{ м}^2; k_{c.o}=0,85 \text{ (табл.П.2.2,2); } P_{\text{уд.o}}=0,015 \text{ кВт/м}^2;$$

$$P_{\text{ном.o}} = P_{\text{уд.o}} \cdot F_{\text{ц}} = 0,015 \cdot 1753 = 26,29 \text{ кВт};$$

$$P_{p.o} = P_{\text{ном.o}} \cdot k_{c.o} = 26,29 \cdot 0,85 = 22,35 \text{ кВт};$$

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(215,19 + 22,35)^2 + 211,44^2} = 305,16 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{305,16}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 469,4 \text{ А}.$$

Остальные расчёты сведём в таблицу:

Таблица 2. Определение расчётных электрических нагрузок механического цеха

Группа	Питающие магистрали и группы электроприемников	Количество ЭП	Установленная мощность приведенная к ПВ = 100%		$m = P_{H.max}/P_{H.min}$	Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos\varphi/\tg\varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		число эффективное электроприемников	Коэффициент максимума K_m	Максимальная нагрузка			I_p А
			P_H , кВт	ΣP_H , кВт				$P_{см} = K_{и} P_H$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \tg\varphi$, кВАр			$P_M = K_m P_{см}$, кВт	$Q_M = (1 \div 1,1) \times Q_{см}$, кВАр	$S_M = P_M^2 + Q_M^2$ кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Шкаф распределительный ПР – 1															
А	Станки разные № 1-11,25-30	17	17-24	309	-	0,14	0,5/1,73	43,2	74,8	-	-	-	-	-	
Итого по группе А		17	17-24	309	<3	0,14	-	43,2	74,8	15	1,44	62,2	74,8	97,2	-
Б	Вентилятор №38	1	12	12	-	0,75	0,8/0,75	9	6,75	-	-	-	-	-	-
	Гидравлический пресс №12	1	40	40	-	0,65	0,8/0,75	26	19,5	-	-	-	-	-	
Итого по группе Б		2	12-40	52	>3			35	26,2	1,5	1	35	28,8	45,3	
Итого по ПР-1		19	12-40	361	-	-	-	78,2	101	-	-	97,2	103,6	142,5	216
Шкаф распределительный ПР – 2															
А	Станки разные №13-24; 31-36	18	9-29	391	-	0,14	0,5/1,73	54,7	94,6	-	-	-	-	-	-
	Механический пресс №24	1	58	58	-	0,2	0,65/1,17	11,6	13,5	-	-	-	-	-	-
	Кран-балка ПВ=40%	1	18,34	18,34		0,1	0,5/1,73	1,8	3,1						
Итого по группе А		20	9-58	467,3	>3		-	68,1	117,8	19,1	6,8	463	129,5	480,7	-
Б	Вентилятор №39	1	12	12	-	0,65	0,8/0,75	7,8	5,8	-	1	7,8	5,8	9,7	-
Итого по ПР-2		21	9-58	479,3	-	-	-	75,9	123,6	-	-	470,8	135,3	490,4	745,9

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Определение расчетной нагрузки завода в целом	Лит	Лист	Листов	
Выполнил	Абакумов А.В.								
Руковод	Муравлев И.О.								
						НИТПУ ИнЗО гр.3-5А16/01			

3 Определение расчетной нагрузки завода в целом.

Полная расчетная мощность завода определяем по расчетным активным, реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В), учитывая расчетную нагрузку освещения цехов и территории предприятия, потерь в высоковольтных линиях, потерь мощности в трансформаторах ГПП и цеховых подстанций.

Расчетные нагрузки силовых электроприемников цехов определяют из соотношений:

$$P_p = k_c \cdot P_{ном},$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi,$$

где $P_{ном}$ - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

k_c - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

$\operatorname{tg} \phi$ - принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Приемники напряжением свыше 1000 В учитываются отдельно. Расчетные активная и реактивная мощности групп электроприемников свыше 1000 В определяются по выше приведенным формулам.

Пример:

Главный корпус: $P_{ном} = 380$ кВт; $k_c = 0,8$; $\cos \phi = 0,8$;

$$P_p = k_c \cdot P_{ном} = 0,8 \cdot 380 = 304 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi = 304 \cdot \operatorname{tg} (\arccos (0,8)) = 268 \text{ кВар};$$

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,014 \cdot 20854 = 291,96 \text{ кВт};$$

$$P_{p.о} = k_{с.о} \cdot P_{ном.о} = 0,95 \cdot 291,96 = 277,36 \text{ кВт};$$

$$P_p + P_{p.о} = 304 + 277,36 = 581,36 \text{ кВт};$$

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.о})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(581,36)^2 + 268^2} = 637,6 \text{ кВА}.$$

Таблица 3. Определение суммарных электрических нагрузок завода

№ на ген. плане	Наименование потребителей	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузка		
		P _н , КВт	K _с	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	P _р , КВт	Q _р , КВар	F _ц , м²	P _{уд.о} , КВт	P _{но} , КВт	K _{со}	P _{ро} , КВт	P _р +P _{ро} , КВт	Q _р , КВар	Sp, КВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 КВ														
1.	Главный корпус	380	0,8	0,8/0,75	304	268	20854	14	291,96	0,95	277,36	581,36	268	607,6
2.	Заводоуправление	75	0,8	0,8/0,75	60	45	2940	14	41,16	0,85	34,99	94,99	45	105,11
3.	Формовочный	750	0,4	0,7/1,02	300	306	1753	15	26,29	0,85	22,35	322,35	306	444,46
4.	Механический	819,95	—	—	215,19	211,4	1753	15	25,61	0,85	21,77	236,96	211,4	469,4
5.	Бетонно- смесительный	520	0,6	0,8/0,75	312	234	9158	15	137,37	0,95	130,5	442,5	234	500,56
6.	Столовая	150	0,8	0,8/0,75	120	90	5260	15	78,9	0,95	74,95	194,95	90	214,72
7.	Арматурный	1000	0,7	0,7/1,02	700	714	2831	15	42,46	0,95	40,34	740,34	714	1028,54
8.	Котельная	1300	0,6	0,8/0,75	780	585	5227	15	78,4	0,85	66,64	846,64	585	1029,1
9.	Ремонтно- механический	960	0,6	0,8/0,75	576	432	7187	15	107,67	0,95	102,29	678,29	432	804,18
10.	Автопарк	500	0,7	0,7/1,02	350	357	2940	15	44,1	0,95	41,89	391,89	357	530,12
11.	Компрессорная 0,38 кВ	35	0,5	0,7/1,02	17,5	17,85	3594	20	71,88	0,85	61,1	78,6	17,85	80,6
	Территория завода	—	—	—	—	—	150380	0,22	33,08	1	33,08	33,08	—	33,08
	Итого по 0,38 КВ	6400,34	—	—	3863,5	3437,5	63488	—	979,56	—	907,84	4641,95	3437,25	5880,6
Потребители электроэнергии 10 КВ														
11	Компрессорная (СД)	430	0,5	0,7/1,02	215	219,3	—	—	—	—	—	215	219,3	286,6
	Итого по 10 КВ	430	—	—	215	189,6	—	—	—	—	—	215	189,6	286,6

Определим полную нагрузки завода в целом.

Электроприемники до 1000 В: Электроприемники выше 1000 В:

$$\begin{aligned}\sum P_{расч}^{nn} &= 3863,5 \text{ кВт}; & \sum P_{расч}^{вн} &= 215 \text{ кВт}; \\ \sum Q_{расч}^{nn} &= 3437,5 \text{ кВар}; & \sum Q_{расч}^{вн} &= 189,6 \text{ кВар}; \\ \sum P_{расч.осв}^{nn} &= 907,84 \text{ кВт}.\end{aligned}$$

Расчетная мощность предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену:

$$\begin{aligned}S_{расч}^{nn} &= \sqrt{(\sum P_{расч}^{nn} + \sum P_{расч.осв}^{nn})^2 + (\sum Q_{расч}^{nn})^2} = \\ &= \sqrt{(3863,5 + 907,84)^2 + 3437,5^2} = 5880,6 \text{ кВА}.\end{aligned}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций и распределительная сеть 10 кВ еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\begin{aligned}\Delta P_{тр} &= 0,02 \cdot S_{расч}^{nn} = 0,02 \cdot 5880,6 = 117,61 \text{ кВт}; \\ \Delta Q_{тр} &= 0,1 \cdot S_{расч}^{nn} = 0,1 \cdot 5880,6 = 588,06 \text{ кВар}; \\ \Delta P_{к.л} &= 0,03 \cdot S_{расч}^{nn} = 0,03 \cdot 5880,6 = 176,4 \text{ кВт}.\end{aligned}$$

Суммарные расчетные активная, реактивная и полная мощности, приведенные к шинам 10 кВ, определяются из выражений:

$$\begin{aligned}P_{p\Sigma} &= (\sum P_{расч}^{nn} + \sum P_{расч}^{вн}) \cdot k_{р.м} + P_{расч.осв}^{nn} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{лэн} = \\ &= (3863,5 + 215) \cdot 0,95 + 907,84 + 117,61 + 176,4 = 5076,4 \text{ кВт}; \\ Q_{p\Sigma} &= (\sum Q_{расч}^{nn} + \sum Q_{расч}^{вн}) \cdot k_{р.м} + \Delta Q_{тр} = (3437,5 + 189,6) \cdot 0,95 + 588,06 = 4062,02 \text{ кВар},\end{aligned}$$

где $k_{р.м}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, характеризующий смещение максимума отдельных ЭП во времени, что вызывает снижение суммарного графика нагрузки по сравнению с суммой максимумов отдельных ЭП или групп ЭП, принимаемый в пределах 0,9-0,95;

$$S_{расч\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{5076,4^2 + 4062,02^2} = 6501,5 \text{ кВА}.$$

Так как трансформаторы главной понизительной подстанции еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\begin{aligned}\Delta P_{тр}^{зн} &= 0,02 \cdot S_{расч\Sigma} = 0,02 \cdot 6501,5 = 130,03 \text{ кВт}; \\ \Delta Q_{тр}^{зн} &= 0,1 \cdot S_{расч\Sigma} = 0,1 \cdot 6501,5 = 650,15 \text{ кВар}.\end{aligned}$$

Полная расчетная мощность ГПП:

$$\begin{aligned}S_{расч}^{зн} &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{тр}^{зн})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{тр}^{зн})^2} = \\ &= \sqrt{(5076,4 + 130,03)^2 + (4062,02 + 650,15)^2} = 7022,2 \text{ кВА}.\end{aligned}$$

Для определения экономически целесообразной величины напряжения питающей линии ГПП воспользуемся формулой Илларионова

$$U_{эк} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{7} + \frac{2500}{5,2064}}} = 42,5 \rightarrow U_{ном} = 35 \text{ кВ}$$

$L = 7 \text{ км}$ – длина питающей линии;

$U_{\text{эк}}$ -экономическое напряжение рассматриваемого участка, кВ.

С учетом рекомендаций принимаем напряжение питающих линий

$U_{\text{н}} = 35 \text{ кВ}$

Наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{\Sigma} = 0,24 \cdot 5076,4 = 1218,3 \text{ кВар},$$

где α – расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы к потребителям, с учетом затрат на потери мощности и энергии в различных объединенных энергетических системах:

для Сибири $\alpha = 0,24$ при $U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$;

$\alpha = 0,29$ при $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$;

$\alpha = 0,40$ при $U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ}$.

Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 4062,02 - 1218,3 = 2843,72 \text{ кВар}.$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП определяется:

$$S_{\text{расч}}^{\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\text{тр}}^{\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\text{тр}}^{\Sigma} - Q_{\text{ку}})^2} =$$
$$= \sqrt{(5076,4 + 130,03)^2 + (4062,02 + 650,15 - 2843,72)^2} = 5531,5 \text{ кВА}.$$

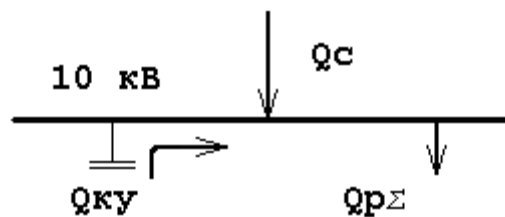
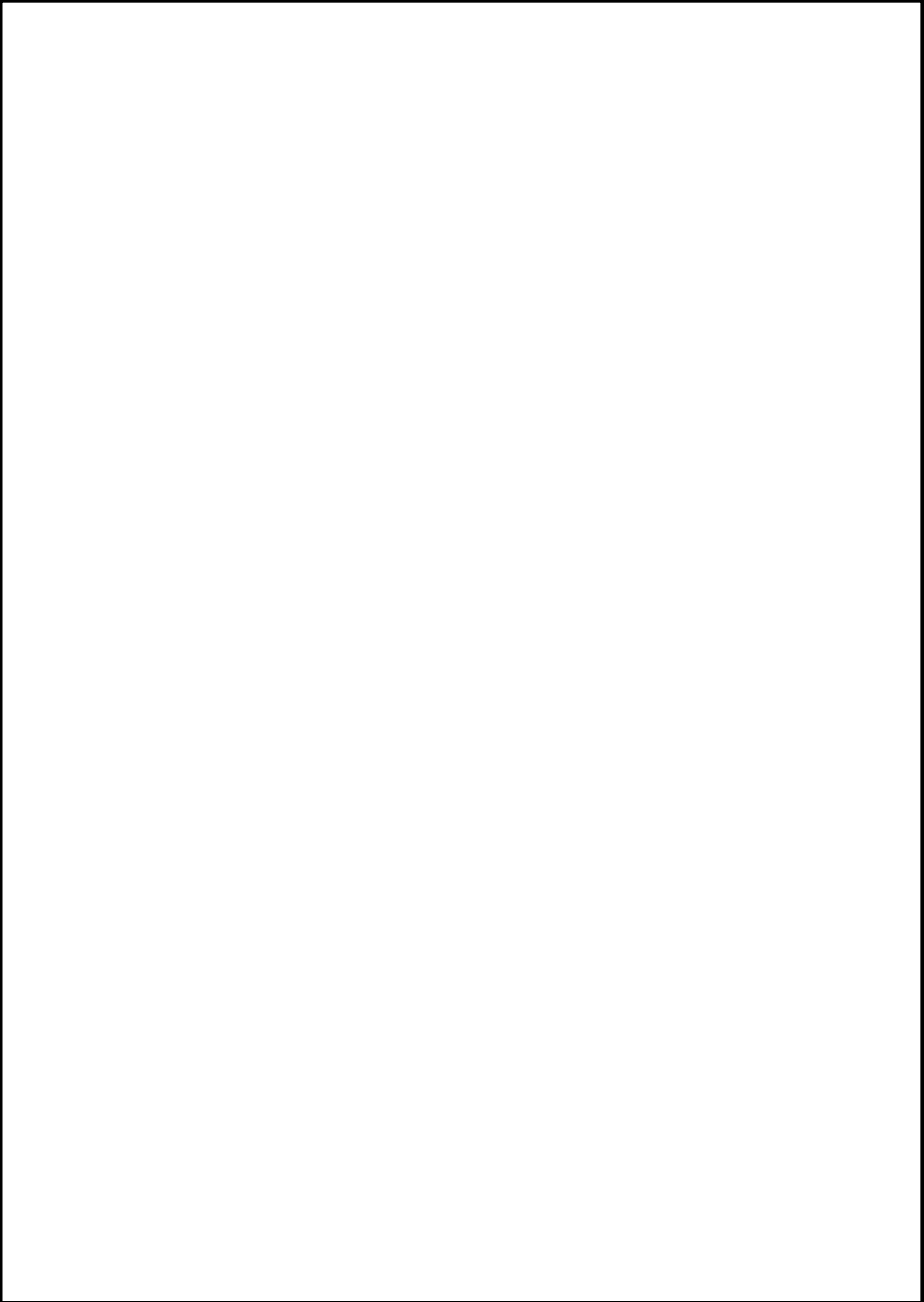


Рисунок 3.Схема компенсации реактивной мощности



					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Картограмма нагрузок и определение центра электрических				Лит	Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В.										
Руковод	Муравлев И.О.										
									НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}},$$

где S_{pi} – расчётная площадь i – го цеха с учётом освещения, кВА; m – масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) определяется из соотношения полных расчётных (S_{pi}) и осветительных нагрузок (P_{po}) цехов:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{S_{pi}}.$$

Расчёты систематизируем в виде таблицы №8, представленной ниже.

На генплане завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода x_o и y_o определяются по формулам:

$$x_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}},$$

$$y_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}}.$$

Пример:

$$r_1 = \sqrt{\frac{S_{расч1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{575,2}{\pi \cdot 2}} = 9,5 \text{ мм};$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{расч.осв1}}{S_{расч1}} = \frac{360^\circ \cdot 277,36}{575,2} = 173,5^\circ;$$

$$x_o = \frac{\sum S_{расчi} \cdot x_i}{\sum S_{расчi}} = \frac{569811,8}{5923,2} = 96,2 \text{ м};$$

$$y_o = \frac{\sum S_{расчi} \cdot y_i}{\sum S_{расчi}} = \frac{361907,5}{5923,2} = 61,1 \text{ м}.$$

Таблица 4. Расчетные данные для построения картограммы нагрузок и определения центра электрических нагрузок

№ цеха	$S_{расч}, \text{кВА}$	$P_{расч.осв}, \text{кВт}$	$R_i, \text{Мм}$	$\alpha_i, \text{град}$	$X_i, \text{м}$	$Y_i, \text{м}$	$S_{расч} \cdot X_i, \text{МВА} \cdot \text{м}$	$S_{расч} \cdot Y_i, \text{МВА} \cdot \text{м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
потребители 0,38 кВ								
1	575,2	227,36	10	173,6	85	20	48892	11504
2	105,11	34,99	4	119,8	145	42	15240,95	4414,62
3	444,46	22,35	8	18,1	132	40	58668,72	17778,4
4	469,4	21,77	7	26,5	120	40	36403,2	12134,4
5	500,56	130,5	9	93,8	95	45	47553,2	22525,2
6	214,72	74,95	6	125,7	70	45	15030,4	9662,4
7	1028,54	40,34	12,8	14,1	50	70	51427	71997,8
8	1029,1	66,64	12,8	23,3	75	75	77182,5	77182,5
9	804,18	102,29	11,3	45,8	115	75	92480,7	60313,5
10	530,12	41,89	9,2	28,4	145	75	76867,4	39759
11	80,6	61,1	3,6	272,9	130	95	10478	7657
потребители 10 кВ								
11	307,1	-	7	-	130	95	39924,3	29175,45
итого	5923,2	-	-	-	-	-	504336,3	305089,7

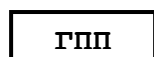
Место сооружения ГПП выбирается с учётом следующих факторов:

1. Наименьшая длина внутривозовских питающих линий;
2. Максимальное (по возможности) приближение ГПП к центру электрических нагрузок;

Генплан предприятия с картограммой нагрузок показан на рис. 4, из которого видно, что в расчетном центре электрических нагрузок ГПП разместить не возможно, вследствие недостаточности места для установки распределительного устройства и силовых трансформаторов на напряжение 35 кВ. Таким образом, размещаем ГПП на территории завода со смещением в сторону подстанции энергосистемы, расположенной на расстоянии 7 км.

Генплан предприятия с картограммой нагрузок показан на рисунок 4.

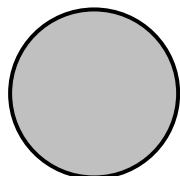
Условные обозначения и пояснения к рисунку 4:



- Распределительное устройство ГПП;



- Электрическая нагрузка до 1000 В (заштрихованный сектор – нагрузка освещения);



- Электрическая нагрузка выше 1000 В

$$\frac{1123,7}{448,9}$$

Расчетная кажущаяся мощность цеха, кВА

Расчетная активная мощность освещения, кВт

ЦЭН

- Центр электрических нагрузок

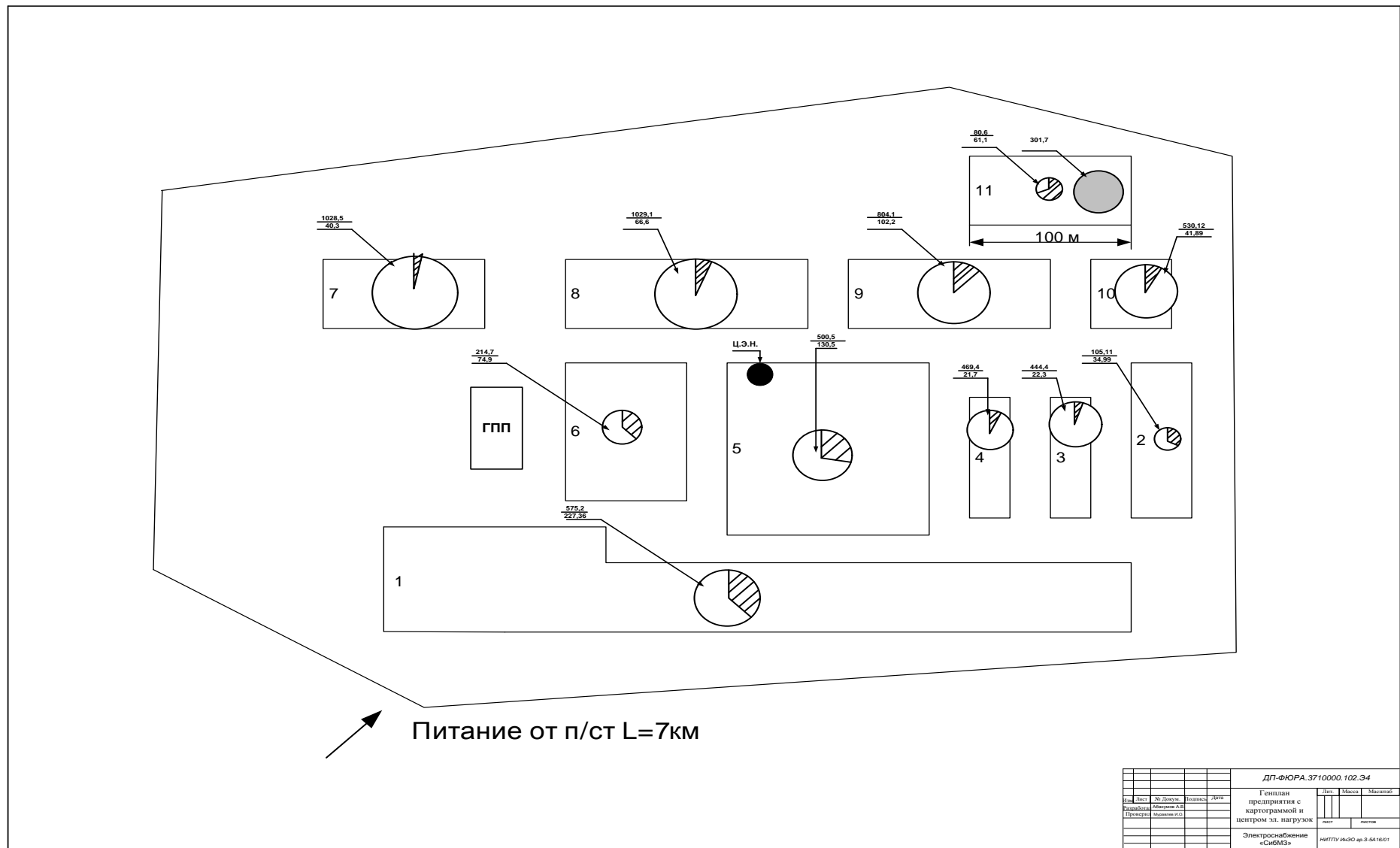


Рисунок 4. Генплан предприятия с картограммой и центром эл. нагрузок

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	Лит	Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В.							
Руковод	Муравлев И.О.							
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

5. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{S_{расч}^{ин}}{F_{ц}} = \frac{5531,5}{63488} = 0,09 \text{ кВА} / \text{м}^2.$$

Примем $S_{ном тр} = 630 \text{ кВА}$ (табл.2.5,3).

Минимально возможное число трансформаторов цеховых ТП:

$$N_0 = \frac{\sum (P_p + P_{po})}{\beta_T \cdot S_{ном.тр}} = \frac{3863,5 + 907,84}{0,7 \cdot 630} = 11,11,$$

где β_T – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме (принимается 0,7).

Полученную величину округляем до ближайшего большего целого числа, принимаем $N = 12$ трансформаторов. После выбора числа и мощности цеховых трансформаторов распределяют активные нагрузки цехов между ними равномерно.

Активная нагрузка на один трансформатор:

$$P_1 = \frac{\sum (P_p + P_{po})}{N} = \frac{4771,34}{12} = 397,6 \text{ кВт};$$

Определим число трансформаторов для установки в цехах предприятия:

$$N_i = \frac{(P_{p.o} + P_p)_i}{P_1};$$

Для систематизации расчётов, представим полученные числа трансформаторов, устанавливаемые в каждом цехе в виде таблицы 4.1.

Пример:

$$N_i = \frac{P_{p.o1} + P_{p1}}{P_1} = \frac{581,36}{397,6} = 1,4.$$

Таблица 5.1. Число трансформаторов в цехе

№ цеха на генплане	Наименование цехов	$P_p + P_{p.o}$, кВт	Количество трансформаторов N, шт
1	2	3	4
1	Главный корпус	581,36	1,4
2	Заводоуправление	94,99	0,21
3	Формовочный	322,35	0,72
4	Механический	217,54	0,49
5	Бетонно-смесительный	442,5	1,0
6	Столовая	194,95	0,44
7	Арматурный	794,34	1,78
8	Котельная	846,64	2,00
9	Ремонтно-механический	678,29	1,52
10	Автопарк	391,89	0,88
11	Компрессорная 0,38 кВ	78,6	0,18

Так как получаются дробные числа, то необходимо объединить нагрузки ближайших цехов:

$$N_1 + N_6 = 1,4 + 0,44 = 1,84;$$

$$N_2 + N_3 + N_{10} = 0,21 + 0,72 + 0,88 = 1,81;$$

$$N_9 + N_4 = 1,52 + 0,49 = 2,01;$$

Таблица 5.2. Распределение электрических нагрузок по пунктам питания.

№ п/п	Наименование пункта питания	Потребители э/э	Место расположения пункта питания на генплане	Примечание
1	2	3	4	5
1	ТП-1	Цех №1, №6	Цех №1	
2	ТП-3	Цех №3, №2, №10	Цех №3	
3	ТП-5	Цех №5	Цех №5	
4	ТП-7	Цех №7	Цех №7	
5	ТП-8	Цех №8	Цех №8	
6	ТП-9	Цех №9, №4	Цех №9	
7	РУ-11	Цех №11	Цех №11	Потребители выше 1 кВ

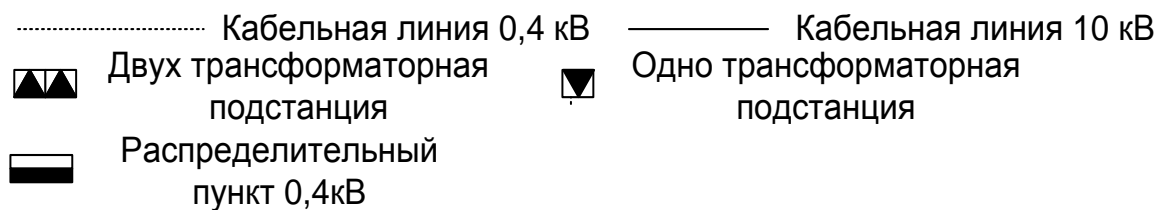
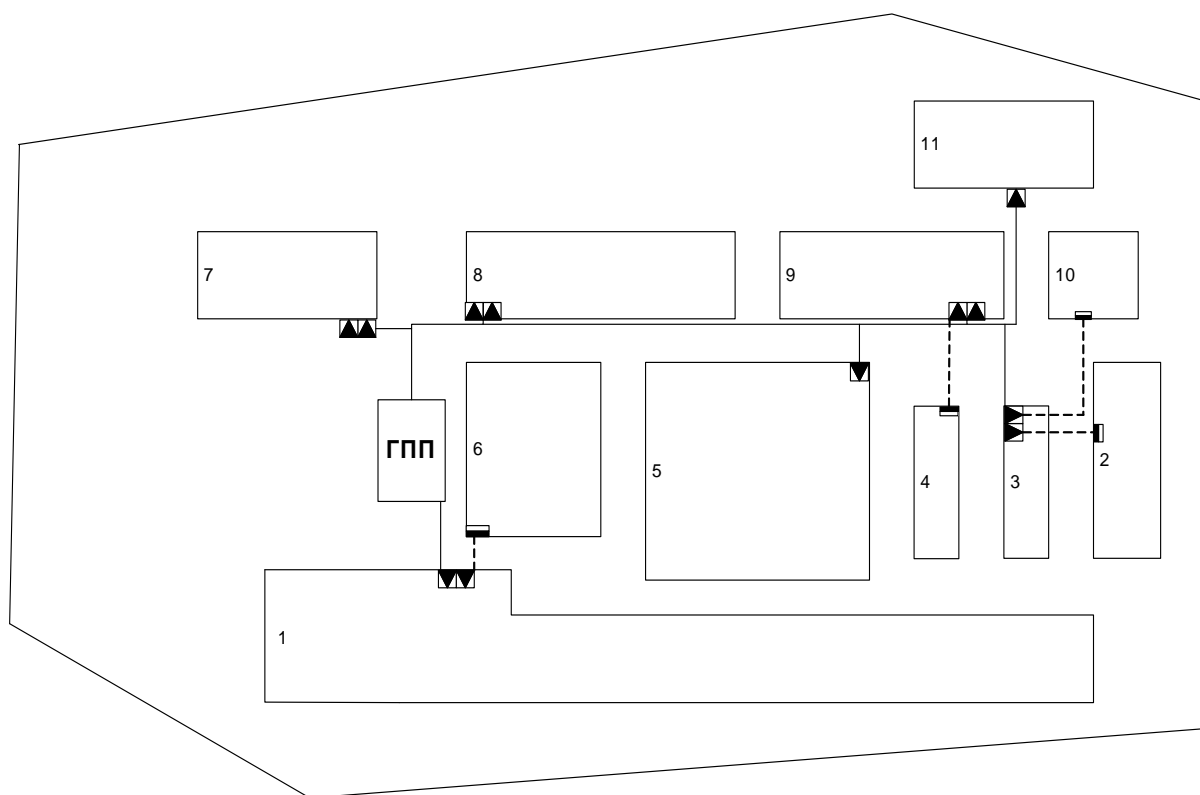


Рисунок 5.1.Схема расположения трансформаторов в цехах

5.2 Сравнение вариантов и выбор оптимального числа трансформаторов на цеховых трансформаторных подстанциях с учетом компенсации реактивной мощности

Мероприятия, проводимые по компенсации реактивной мощности эксплуатируемых или проектируемых электроустановок потребителей, могут быть разделены на следующие три группы:

- не требующие применения компенсирующих устройств;
- связанные с применением компенсирующих устройств;
- допускаемые в виде исключения.

Последние два мероприятия должны обосновываться технико-экономическими расчетами и применяются при согласовании с энергосистемой.

Мероприятия, не требующие применения компенсирующих устройств:

1. упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования и к повышению коэффициента мощности;
2. переключение статорных обмоток АД напряжением до 1000 В с треугольника на звезду, если их нагрузка составляет менее 40%;
3. устранение режима работы АД без нагрузки путем установки ограничителей холостого хода;
4. замена, перестановка и отключение трансформаторов, загружаемых в среднем менее чем на 30% от их номинальной мощности;
5. замена малонагруженных двигателей меньшей мощности при условии, изъятие избыточной мощности влечет за собой уменьшение суммарных потерь активной энергии в энергосистеме и двигателе;
6. замена АД на СД той же мощности, где это возможно по технико-экономическим соображениям;
7. применение СД для всех новых установок электропривода, где это приемлемо по технико-экономическим соображениям.

Мероприятия, связанные с применением компенсирующих устройств:

1. установка статических конденсаторов;
2. использование СД в качестве компенсаторов.

Мероприятия по повышению коэффициента мощности, допускаемые в виде исключения:

1. использование имеющихся на предприятиях синхронных генераторов в качестве синхронных компенсаторов;
2. синхронизация асинхронных двигателей, причем она допускается при нагрузке на валу не выше 70% от номинальной мощности и соответствующем технико-экономическом обосновании.

Электрическая сеть представляет собой единое целое, и правильный выбор средств компенсации для сетей промышленного предприятия напряжением до

1000 В, а также в сети 6-10 кВ, можно выполнить только при совместном решении задачи. На промышленных предприятиях основные потребители реактивной мощности присоединяются к сетям до 1000 В. Компенсация реактивной мощности потребителей может осуществляться при помощи синхронных двигателей или батарей конденсаторов (БК), присоединенных непосредственно к сетям до 1000 В или реактивная мощность может передаваться в сеть до 1000 В со стороны сети напряжением 6-10 кВ от СД, БК, от генераторов ТЭЦ или сети энергосистемы. Источники реактивной мощности (ИРМ) напряжением 6-10 кВ экономичнее соответствующих ИРМ до 1000 В, но передача мощности в сеть до 1000 В может привести к увеличению числа трансформаторов и увеличению потерь электроэнергии в сети и трансформаторах. Поэтому раньше следует выбрать оптимальный вариант компенсации реактивной мощности на стороне до 1000 В.

- К секции РП - 10 кВ присоединена нагрузка мощностью $P_n = 430$ кВт.
- Потребляемая реактивная мощность в сети 10 кВ; $Q_a = 189,6$ кВАр.
- В сети 0,4 кВ расчётные нагрузки за максимально загруженную смену составляют: $Q_p = 3437,5$ кВАр, $P_p = 4771,34$ кВт.

Наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме активных наибольших нагрузок энергосистемы определяем как меньшее из значений полученных по формулам:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{M\Sigma} = 0,24 \cdot 5076,4 = 1218,3 \text{ кВАр}$$

где: P_m - активная нагрузка на шинах 10 кВ в режиме активной наибольшей нагрузки энергосистемы

$\alpha = 0,24$ - расчетный коэффициент для Сибири, при высшем напряжении понизительной подстанции 35 кВ.

Условие баланса реактивной мощности:

$$Q_c = Q_{\Sigma} + Q_{CD} = Q_1 + Q_A$$

$$Q_1 = Q_c - Q_A = 1218,3 - 189,6 = 1028,7 \text{ кВАр}$$

Выбираем КУ типа УКН - 0,38 – 150-50У3

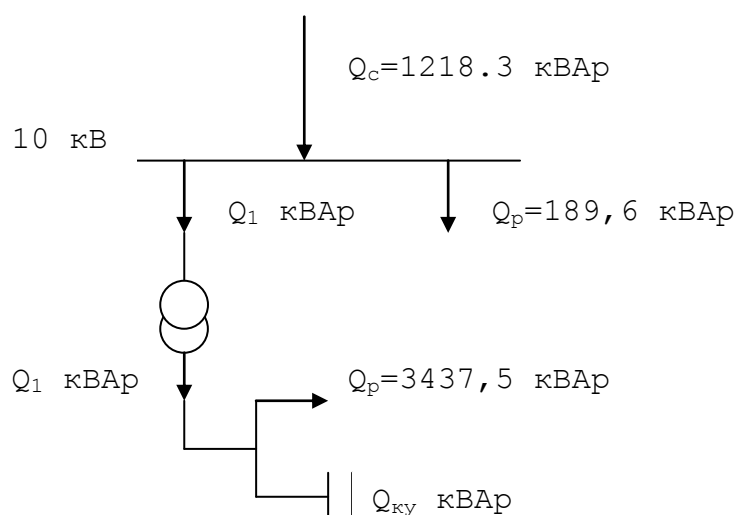


Рисунок.5.2 Распределение реактивной мощности

Вариант 1.Принимаем: 12 трансформаторов + 11 конденсаторных батарей

Количество реактивной мощности, которую могут передать трансформаторы:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta_T \cdot S_n)^2 - (\sum P_p + P_{p.o.})^2} = \\ = \sqrt{(12 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - (4771,34)^2} = 2289 \text{ кВАр.}$$

Мощность компенсирующих устройств на стороне 0,4 кВ:

$$Q_{KV} = \sum Q_p - Q_1 = 3437,5 - 2289 = 1148,5 \text{ кВАр.}$$

Выбираем УКБН-0,38-100 в количестве 11 штук комплектных конденсаторных установок общей мощностью 1100 кВАр.

$$U = 380 \text{ В,}$$

$$Q = 100 \text{ кВАр,}$$

$$Q_{кб} = 100 \cdot 11 = 1100 \text{ кВАр.}$$

$$\text{Затраты: } Z_{КБК} = Z_0 + E_H \cdot Z_{УБК} \cdot \left(\frac{U_{\text{БК}}}{U_{\text{НОМ}}}\right)^2 \cdot Q_{БК} + C_0 \cdot \Delta P \cdot Q_{БК} ;$$

Z_0 - затраты учитывающие наличие регулятора на КБ, принимается равной 0;

E_H - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, принимается равным 0,25;

$$\frac{U_{\text{БК}}}{U_{\text{НОМ}}}$$

- отношение относительного номинального напряжения конденсаторов к относительной величине напряжения сети, принимается равным 1;

C_0 - удельная стоимость потерь активной мощности (для Сибири $C_0=85$ руб/кВт); ΔP - удельные потери активной мощности в КБ на производство реактивной мощности, принимается $4,5 \cdot 10^{-3}$ кВт/кВАр;

$Z_{УБК}$ - удельная стоимость установленной батареи конденсаторов, принимается 3,7 тыс. у.е./кВАр.

$$Z_{К.БК1} = 0,25 \cdot 3,7 \cdot (1/1)^2 \cdot 1148,5 + 85 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1148,5 = 1501,6 \text{ тыс. у.е.}$$

Вариант 2. Принимаем: 13 трансформаторов + 0 конденсаторных батарей

Количество реактивной мощности, которую могут передать трансформаторы: $Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta_T \cdot S_n)^2 - (\sum P_p + P_{p.o.})^2} =$

$$= \sqrt{(13 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - (4771,34)^2} = 3178,3$$

Мощность компенсирующих устройств на стороне 0,4 кВ:

$$Q_{KV} = \sum Q_p - Q_1 = 3437,5 - 3178,3 = 259,2 \text{ кВАр.}$$

$$\text{Затраты: } Z_{КБК} = Z_0 + E_H \cdot Z_{УБК} \cdot \left(\frac{U_{\text{БК}}}{U_{\text{НОМ}}}\right)^2 \cdot Q_{БК} + C_0 \cdot \Delta P \cdot Q_{БК} + E_T \cdot K_T ;$$

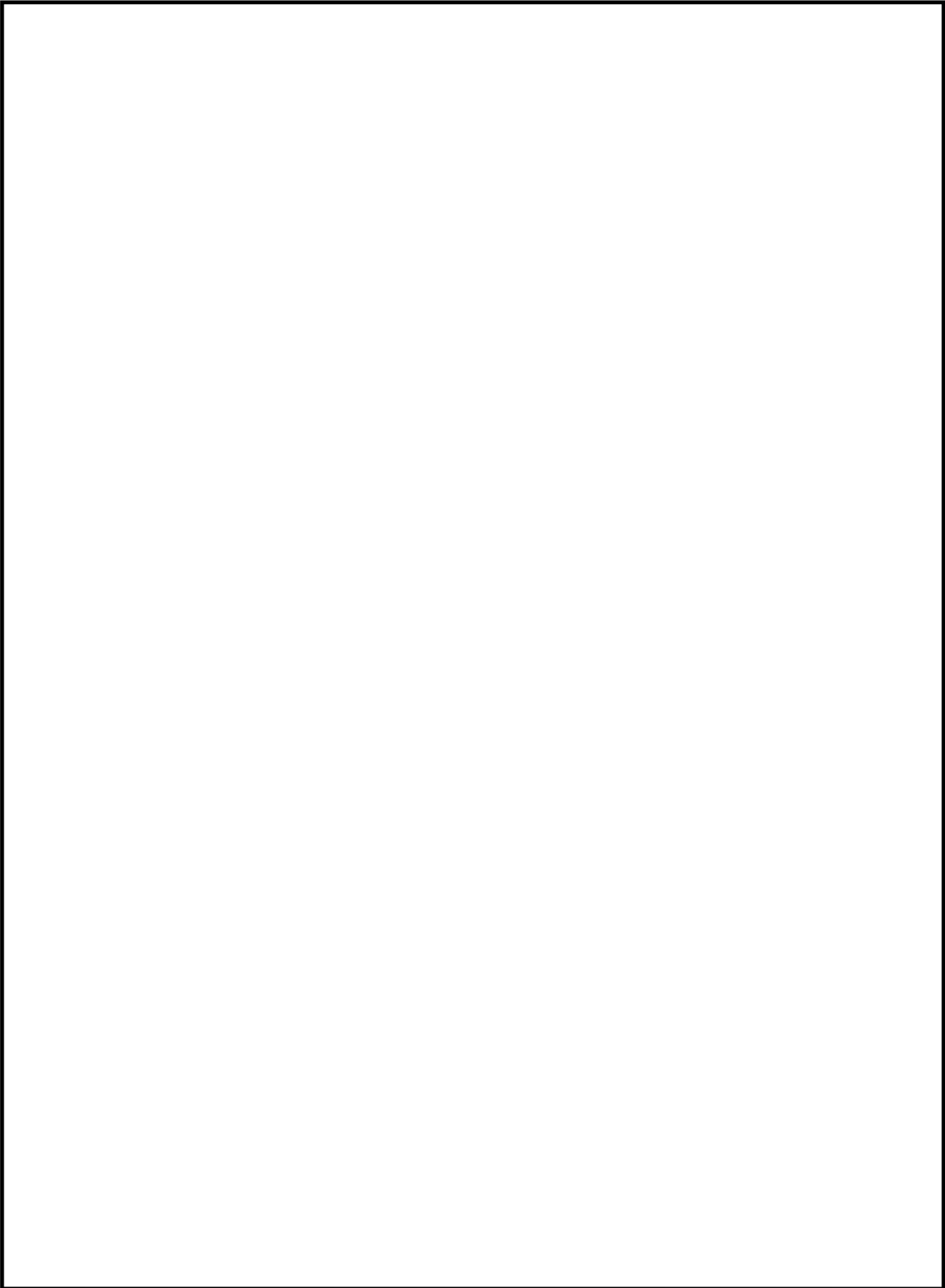
$$Z_{К.БК1} = 0,25 \cdot 3,7 \cdot (1/1)^2 \cdot 259,2 + 85 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 259,2 + 0,12 \cdot 15000 = 2139 \text{ тыс. у.е.}$$

где:

$E_T=0,12$ -нормативный коэффициент эффективности для КТП;

$K_T=15000$ у.д.е.-стоимость КТП ($S_H=630$ кВА)

Выбираем вариант 1.



					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат							
Выполнил	Абакумов А.В.				Схема внешнего электроснабжения			Лит	Лист	Листов	
Руковод	Муравлев И.О.										
					НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01						

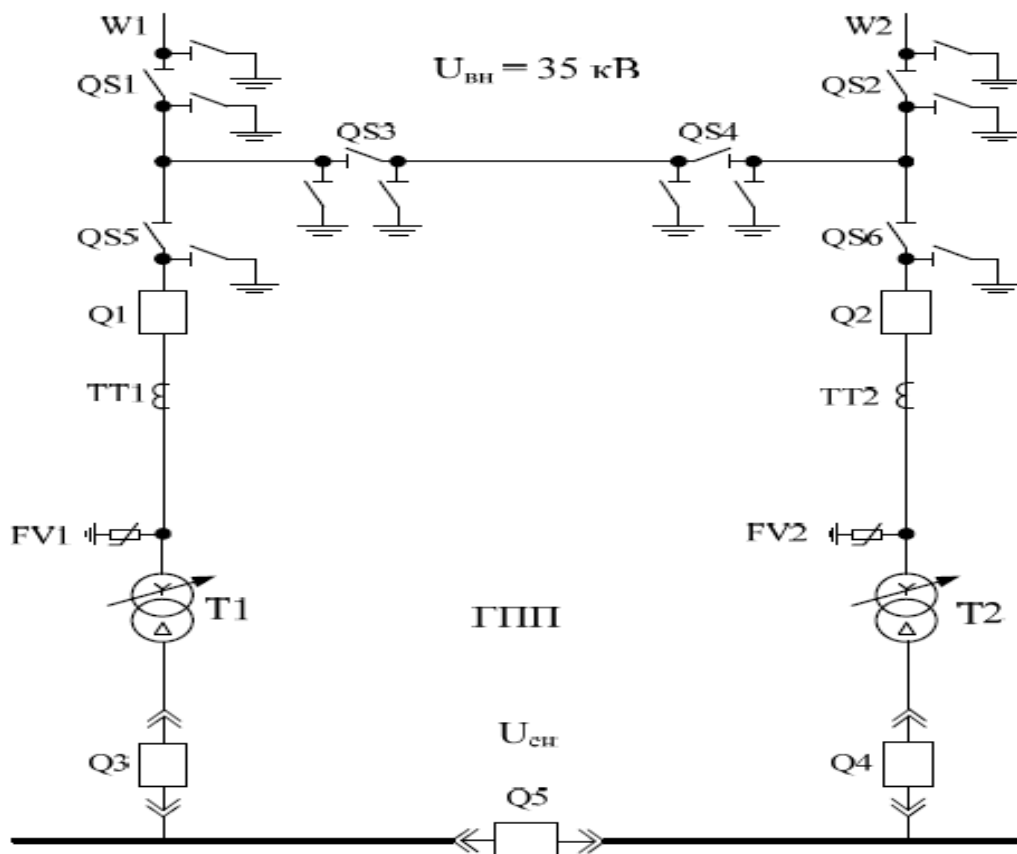
6 Схема внешнего электроснабжения цеха

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы. При наличии одного источника питания в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям (ГПП с двумя трансформаторами связи). Питающие линии выполняются воздушными. В нормальном рабочем режиме пропускная способность каждой из питающих линий составляет не менее половины расчетной нагрузки завода. В аварийном режиме работы любая из питающих линий с учетом допустимой перегрузки (до 30%) должна обеспечить электроэнергией потребители первой и второй категории.

6.1 Составление схемы внешнего электроснабжения

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. При нарушении в трансформаторе, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя в цепях трансформатора на низкой и высокой стороне. Секционный выключатель низкой стороны подключит секцию, оставшуюся без напряжения. Разъединители в ремонтной перемычке нормально отключены. В случае вывода в ремонт трансформатора или выключателя в цепи трансформатора есть возможность оставить в работе обе питающие линии путем включения разъединителей перемычки. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора. Схема представлена на рисунке 6.1

Рисунок 6.1 – Схема



6.2. Выбор трансформаторов ГПП

ГПП размещается на территории завода в соответствии с расчётным центром электрических нагрузок с некоторым смещением в сторону источника питания.

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП.

Мощность трансформаторов на ГПП определяется по формуле:

$$S_{н.тр.ГПП} = \frac{S_{рГПП}}{2\beta_T} = \frac{5531,5}{2 \cdot 0,7} = 3951 \text{ кВА}$$

где: β_T – коэффициент загрузки трансформатора (для потребителей 2 категории $\beta_m = 0,7$).

Расчетное значение округляется до ближайшего большего стандартного значения:

Выбираем трансформаторы с $S_{ном} = 6300$ кВА, ТМН – 6300/35.

В нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП принимается равным 0,7, в аварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40%) обеспечит полностью необходимую мощность цеха, т.к.

$$S_{р ГПП} < 1,4 \cdot S_{н.тр};$$

$$5531,5 < 1,4 \cdot 6300 = 8820 \text{ кВА.}$$

6.3. Выбор сечения проводов воздушной ЛЭП

Выбор сечения провода производится по экономической плотности тока:

$$I_p = \frac{S_p^{эп}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot U_n}$$

$$I_p = \frac{S_p^{эп}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot U_n} = \frac{5531,5}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 35} = 45,63 \text{ А.}$$

в аварийном режиме:

$$I_{р макс} = \frac{S_p^{эп}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{5531,5}{\sqrt{3} \cdot 35} = 91,27 \text{ А;}$$

$$F_{эконом} = \frac{I_p}{j_{эконом}}, \text{ где для } T_{макс} > 5000 \text{ часов, } j_{эконом} = 1 \text{ А/мм}^2.$$

$$F_{эконом} = \frac{I_p}{j_{эконом}} = \frac{45,63}{1} = 45,63 \text{ мм}^2.$$

Выбираем ближайшее сечение АС-35 с длительно допустимым током 175 А.

Правильно выбранное сечение удовлетворяет следующим условиям:

1) по нагреву:

$$1,3 \cdot I_{доп} \geq I_{р макс};$$

$$1,3 \cdot 175 \geq 91,2$$

2) по допустимой потере напряжения:

$$l_{\text{доп}} = \Delta U_{1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп} \%} \cdot K_3 \geq l_{\text{факт}}, l_{\text{факт}} = 7 \text{ км},$$

где $\Delta U_{1\%}$ - длина линии при полной нагрузке на 1% потери напряжения, км;

$$\Delta U_{1\%} = 1,34 \text{ км для } U = 35 \text{ кВ};$$

$\Delta U_{\text{доп} \%} = 5\%$ - допустимая потеря напряжения, %;

$$\Delta U_{\text{доп ав} \%} = 10\%;$$

$$K_3 = \frac{I_{\text{доп}}}{I_p} = \frac{175}{45,63} = 3,83 \text{ - коэффициент загрузки линии};$$

$l_{\text{доп}}$ - допустимая длина линии, км;

$l_{\text{факт}}$ - фактическая длина линии, км;

$$l_{\text{доп}} = 1,34 \cdot 5 \cdot 3,83 = 25,66 \text{ км}.$$

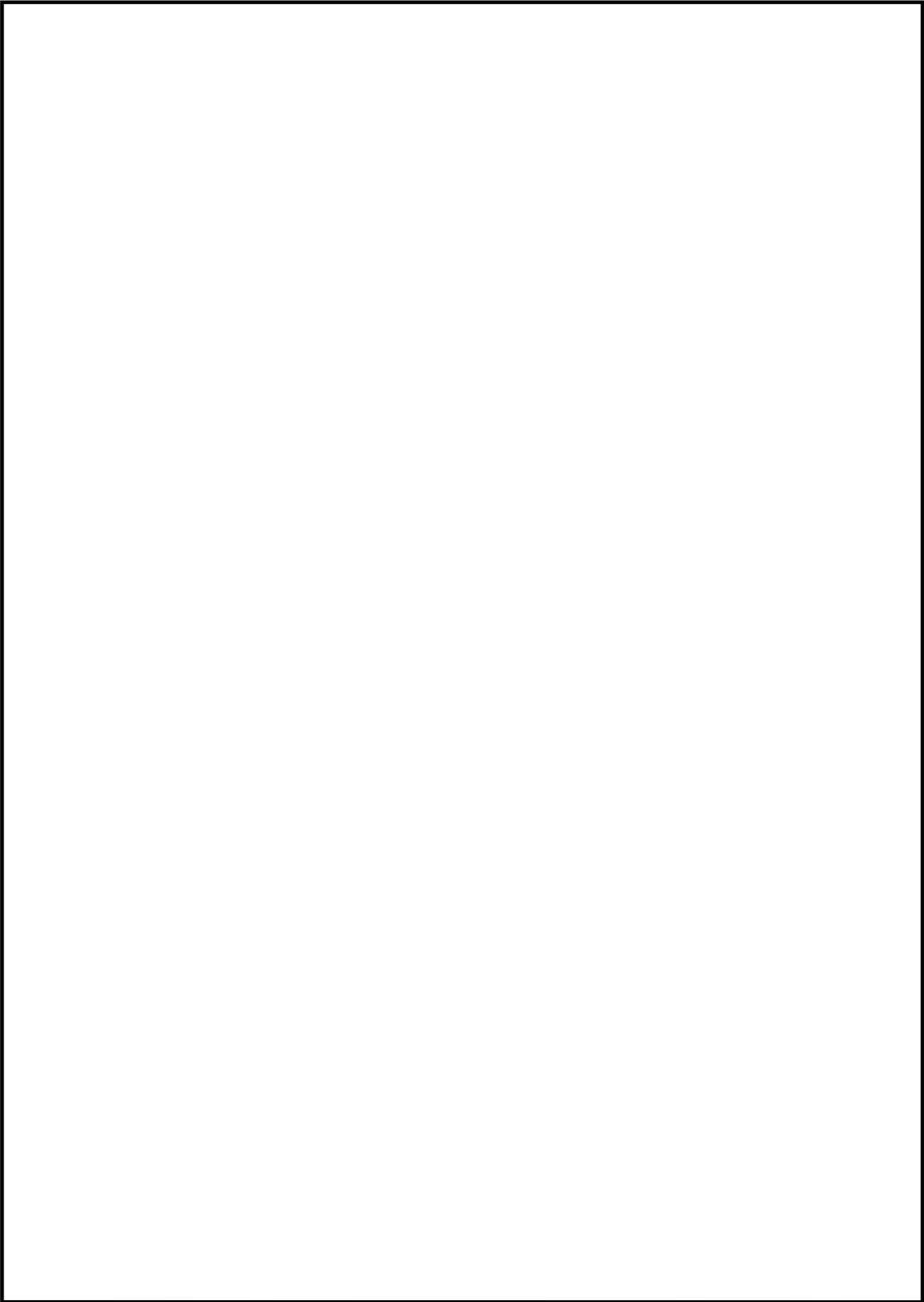
Учитывая ограничения по механической прочности, окончательно выбираем провод АС с сечением токопроводящей жилы $S_{\text{эк}} = 35 \text{ мм}^2$ с максимально допустимым током 175 А.

Электроснабжение СибМЗ осуществляется от подстанции энергосистемы, которая находится на расстоянии 7 км от ГПП. При наличии одного источника в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям напряжением 35 кВ (ГПП с двумя трансформаторами связи). Питающие линии выполняются воздушными. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора ТМН – 6300/35. ГПП размещается на территории завода, в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок, со смещением в сторону источника питания.

На стороне 35 кВ принята схема с высоковольтным выключателем.

Оборудование 10 кВ в ГПП установлено в открытом помещении (ОРУ). На стороне 10 кВ принята одинарная система шин, секционированная масляным выключателем с устройством АВР.

На ТП установлены трансформаторы номинальной мощностью 630 кВА. Питание электроприемников производится через распределительные пункты, нагрузка распределена равномерно. РУ 10 кВ выполняется из шкафов КРУ с выключателями на выкатных тележках.



					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ							
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат								
Выполнил	Абакумов А.В.				Схема внутризаводской сети 10 кВ				Лит	Лист	Листов	
Руковод	Муравлев И.О.											
									НИТПУ ИнЭО зр.3-5А16/01			

7.Схема внутривозводской сети 10 кВ

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется кабельными линиями, проложенными по двухъярусной эстакаде.

Сечения кабельных линий выбирается по расчетному току установки:

$$I_{расч} = \frac{N_{тр} \cdot S_p}{N_{кл} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

где I_p – расчетный ток установки, А;

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток должен соответствовать условиям нормальной работы, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях. Расчетным током линии для питающих цеховых трансформаторов, преобразователей, высоковольтных электродвигателей и трансформаторов электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической загрузки.

Пример:

Выбор кабеля для участка ГПП - ТП-5.

$$I_{расч} = \frac{N_{тр} \cdot S_p}{N_{кл} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{500,56}{\sqrt{3} \cdot 10} = 28,9 \text{ А};$$

округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 35 мм²; выбираем кабель марки АСБ – (3×35) по [с.89, 3] с $I_{доп}=130 \text{ А}$;

учитывая поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле $k_{пр}$ [с.79, 2]:

$$I_{доп}^1 = k_{прокл} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 165 = 148,5 \text{ А};$$

$$I_{расч.ав} = 2 \cdot I_{расч} = 2 \cdot 28,9 = 115,7 \text{ А}.$$

$$\text{Проверка: } I_{расч} \leq I_{доп}^1; \quad I_{расч.ав} \leq 1,3 \cdot I_{доп}^1;$$

$$28,9 < 148,5 \text{ А}; \quad 115,7 < 1,3 \cdot 148,5 \text{ А};$$

Выбранное сечение удовлетворяет всем условиям.

Таблица 7.1.Сечения кабельных линий внутривозводской сети 10 кВ

№ п/п	№ линии	Назначение линии	Количество	Расчетная нагрузка на один кабель		Длина линии, км	Способ прокладки	$k_{прокл}$	Марка сечение кабеля, S_i , мм ²	Допустимая нагрузка на один кабель	
				I_p , А	$I_{расч}$, А					$I_{доп}$, А	$1,3I_{доп}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Л1	ГПП-ТП1	2	95	190	0,04	По эстакаде	1	АСБ-2(3х95)	255	331,5
2	Л2	ГПП-ТП3	2	124,8	249,6	0,28	По эстакаде	1	АСБ-2(3х150)	340	442
3	Л3	ГПП-ТП5	2	28,9	57,8	0,18	По эстакаде	1	АСБ-2(3х35)	130	169
4	Л4	ГПП-ТП7	2	118,9	237,8	0,06	По эстакаде	1	АСБ-2(3х120)	295	383,5
5	Л5	ГПП-ТП8	2	118,9	237,9	0,06	По эстакаде	1	АСБ-2(3х120)	295	383,5
6	Л6	ГПП-ТП9	2	126,1	252,2	0,23	По эстакаде	1	АСБ-2(3х150)	340	442
7	Л6	ГПП-РУ11	2	9,03	18,06	0,4	По эстакаде	1	АСБ-2(3х10)	67,5	87,75

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В		
Выполнил	Абакумов А.В.						
Руковод	Муравлев И.О.						
					ТПУ ИнЭО гр.3-5А16		

8. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Все электрические аппараты и токоведущие части электрических установок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалось их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов КЗ, в связи с чем возникает необходимость расчёта этих величин.

Расчёт токов КЗ ведётся в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приводят к базисному напряжению и базисной мощности.

Величина базисного напряжения $U_б$ превышает номинальное на 5%. За базисную мощность $S_б$ принимают любое число кратное 10.

Для расчёта токов КЗ составляется расчётная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются все источники питания (п/ст энергосистемы, генераторы ТЭЦ), трансформаторы, воздушные и кабельные линии.

По расчётной схеме составляется схема замещения, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчётов токов КЗ.

Для расчёта токов КЗ принимаем базисные величины:
Согласно [с.43, 3] используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем $U_{б1} = 37$ кВ, $U_{б2} = 10,5$ кВ.

За базисную мощность, согласно [с.43, 3] принимаем $S_б = 100$ МВА.

Принимаем, что мощность источника электроэнергии (энергосистемы) $S_c = \infty$, а индуктивное сопротивление $x_c = 0$.

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 10 кВ ГПП – ТП5 (рис.7.1). Для данного участка составляем расчётную схему и схему замещения, представленные ниже.

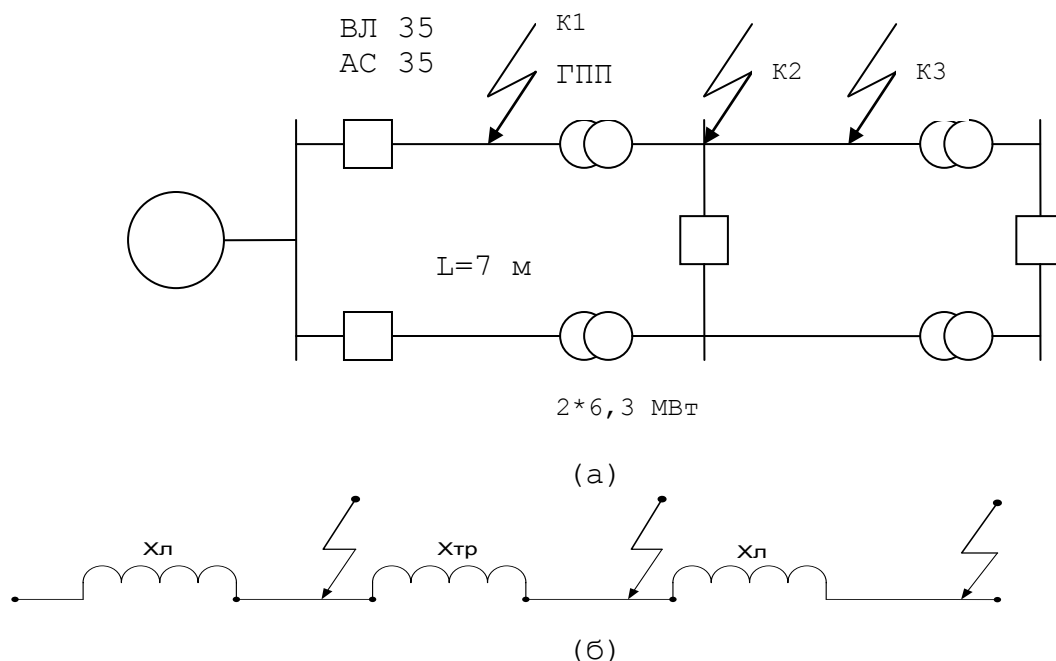


Рисунок. 8. Расчётная схема (а) и схема замещения (б) для участка распределительной сети 10 кВ ГПП – ТП5

Определим базисный ток на ступени трансформации $I_{Б К1}$

$$I_{Б К1} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6},$$

$$I_{Б К1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА.}$$

Воздушная линия напряжением 35 кВ заменяется активным и реактивным сопротивлением, которые определяются как:

$$x_{вл} = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_6^2},$$

$$r_{вл} = r_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_6^2},$$

где x_0, r_0 – удельные сопротивления проводника линии, принимаем для провода АС 70 по [1, таблица П 6.1-П 6.2]

$$r_0 = 0,9 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$$

$$r_{вл} = 0,9 \cdot 7 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,46,$$

$$x_{вл} = 0,4 \cdot 7 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,204.$$

Индуктивное сопротивление трансформатора ГПП, активным сопротивлением пренебрегаем в виду его малости

$$x_{трГПП*} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{н.тр}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,19 \text{ о. е.};$$

Кабельные линии:

$$x_{кл*} = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 2,96 \cdot 0,18 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,48 \text{ о. е.};$$

$$r_{кл*} = r_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,061 \cdot 0,18 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,01 \text{ о. е.};$$

Найдем периодическую составляющую тока трехфазного короткого замыкания $I_{КЗ К1}^{(3)}$

$$I_{КЗ К1}^{(3)} = \frac{I_{Б К1}}{Z_{рез К1}},$$

где $Z_{рез}$ – результирующее сопротивление схемы до точки К1 от источника,

- для точки К1

$$Z_{рез К1} = \sqrt{(x_{сист} + x_{вл})^2 + (r_{вл})^2}.$$

$$Z_{рез К1} = \sqrt{(0 + 0,204)^2 + (0,46)^2} = 0,79;$$

$$I_{КЗ К1}^{(3)} = \frac{1,56}{0,79} = 1,97 \text{ кА.}$$

Определим отношение x/r для точки К1

$$\frac{x}{r} = \frac{0,204}{0,46} = 0,5$$

Исходя из отношения x/r для точки К1 по [1, рисунок 7.2] определим ударный коэффициент $k_{уд К1} = 1$.

Ударное значение тока, необходимое для проверки оборудования на динамическую стойкость определяется как

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{КЗ}^{(3)},$$

$$i_{уд К1} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 1,97 = 2,78 \text{ кА.}$$

- для точки К2

Определим базисный ток на ступени трансформации $I_{Б К2}$

$$I_{Б К2} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,49 \text{ кА.}$$

$$Z_{рез К2} = \sqrt{(x_{вл} + x_{тр})^2 + (r_{вл})^2}$$

$$Z_{рез К2} = \sqrt{(0,204 + 1,19)^2 + (0,46)^2} = 1,47;$$

$$I_{КЗ К2}^{(3)} = \frac{5,49}{1,47} = 3,73 \text{ кА.}$$

Определим отношение x/r для точки К2

$$\frac{x}{r} = \frac{1,94}{0,46} = 4,2$$

$$k_{уд К2} = 1,41.$$

$$i_{уд К2} = \sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 3,73 = 7,43 \text{ кА.}$$

- для точки К3

$$Z_{рез К3} = \sqrt{(x_{вл} + x_{тр} + x_{кл})^2 + (r_{вл} + r_{кл})^2}$$

$$Z_{рез К3} = \sqrt{(0,204 + 1,19 + 0,48)^2 + (0,46 + 0,01)^2} = 1,53;$$

$$I_{КЗ К3}^{(3)} = \frac{5,49}{1,53} = 3,59 \text{ кА.}$$

Определим отношение x/r для точки К3

$$\frac{x}{r} = \frac{1,874}{0,47} = 3,98$$

$$k_{уд К3} = 1,35$$

$$i_{уд К3} = \sqrt{2} \cdot 1,35 \cdot 3,59 = 6,85 \text{ кА.}$$

На предприятии в компрессорном цехе (ТП-11) имеются синхронный двигатель (СД) принимаются средние значения сверхпереходной э.д.с. $E'' = 1,1$ и сверхпереходного индуктивного сопротивления по продольной двигателя, которые непосредственно связаны с точкой короткого замыкания электрически и находятся в зоне малой удаленности. Поэтому учитывается подпитка мест КЗ.

Для синхронного оси $x_d'' = 0,2$ отн.ед.

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ синхронного двигателя, когда за базисные величины приняты номинальный ток и напряжение СД:

$$I_{п0 СД} = \frac{E'' \cdot I_{н.СД}}{x_d''}$$

Находим номинальный ток СД по выбранным параметрам

$$I_{н.сд} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{430}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,944} = 29,23 \text{ А}$$

$$I_{по сд} = \frac{1,1 \cdot 29,23}{0,2} = 160,76 \text{ А}$$

Ударный ток трехфазного КЗ от синхронного и асинхронного двигателя равен:

$$i_{уд.сд} = k_{уд.сд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{по сд} = 1,82 \cdot \sqrt{2} \cdot 160,76 = 413,77 \text{ А}$$

Используя полученные значения токов короткого замыкания проверим принятые ранее сечение кабелей на термическую стойкость при КЗ в начале линии. Термически стойкое сечение равно:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T};$$

где C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника. Принимаем для кабелей с полиэтиленовой изоляцией алюминиевыми жилами $C_T = 85 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$.

B_k – тепловой импульс тока КЗ, $\text{А}^2 \cdot \text{с}$.

$$B_k = I_{по}^2 (\tau + T_a),$$

где $I_{по}$ – начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ;

τ – расчетное время отключения выключателя.

Для маломасляного выключателя

$$\tau = t_{р.з.min} + t_{с.в.откл} = 0,13 \text{ с. [8.10]}$$

где $t_{р.з.min}$ – минимальное время срабатывания первой ступени защиты, принимаемое равным 0,01 с для первой ступени защиты.

$t_{с.в.откл} = 0,12 \text{ с}$ – для маломасляного выключателя на 10 кВ ВМП;

T_a – постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ, с определяется как:

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{\omega \cdot r_{\Sigma}}, \text{ с}$$

где x_{Σ}, r_{Σ} – результирующие индуктивное и активное сопротивления схемы относительно точки КЗ; ω – угловая частота; $\omega = 2\pi \cdot f = 314 \text{ рад/с}$.

Проверка сечения на термическую стойкость при КЗ производится в начале линии. Поэтому для расчета принимаем точку К1.

$$T_a = \frac{x_{\Sigma 1*}}{\omega \cdot r_{\Sigma 1*}} = \frac{1,94}{314 \cdot 0,46} = 0,0134 \text{ с};$$

Определяем тепловой импульс тока

$$B_k = I_{кК1}^2 (\tau + T_a) = (3,73 \cdot 10^3)^2 \cdot (0,13 + 0,0134) = 1,995 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с},$$

Минимальное сечение жилы кабеля:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{1,995 \cdot 10^6}}{85} = 16,61 \text{ мм}^2$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 10 кВ, АСБ – 2(3×35) проходит по термической стойкости к току КЗ, т.к.: $F \geq F_{min}$ ($35 > 16,61 \text{ мм}^2$).

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Выбор высоковольтных аппаратов защиты			Лит		Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В										
Руковод	Муравлев И.О.										
								НИТПУ ИнЭО зр.3-5А16/01			

9. Выбор высоковольтных аппаратов защиты

9.1 Выбор высоковольтных выключателей и разъединителей

Выбор выключателей произведем по следующим параметрам:

- 1 По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- 2 По длительному току: $I_p \leq I_n$;
- 3 По отключающей способности: $I_0 \leq I_{н.откл}$;
- 4 По электродинамической стойкости: $i_y \leq i_{дин}$;
- 5 По термической стойкости: $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$.

Выбор разъединителя осуществим по следующим условиям:

- 1 По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- 2 По длительному току: $I_p \leq I_n$;
- 3 По электродинамической стойкости: $i_y \leq i_{дин}$;
- 4 По термической стойкости: $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$.

Выбор разъединителя сведем в таблицу 8.3.

Выбираем вводные, а также секционные выключатели и разъединители, выключатели и разъединители отходящих линий от ЗРУ-10 кВ к цеховым понизительным подстанциям, а также вводных аппаратов распределительных устройств. В цеховых ТП выбираем типа КРУ. Следовательно, для данных РУ выбор разъединителей не проводим (шкафы КРУ уже снабжены разъединителями). Выбор аппаратов производим по справочной литературе [9, табл. 5-1, табл. 5-5].

Расчётный ток с учётом перегрузки:

$$I_p = \frac{\beta_{пр} \cdot S_{н.пр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 184,75 \text{ А}$$

Таблица 9 Выбор выключателя и разъединителя 10 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные
	Выключатель ВВПЭ-10-20/630УЗ
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 72.75 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$i_y = 7,43 \text{ кА}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$
$I_k = 5,49 \text{ кА}$	$I_{н.откл} = 20 \text{ кА}$
$B_k = 1,995 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 20 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$

9.2 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по номинальному напряжению, номинальному первичному току и проверяются по электродинамической и термической стойкости к токам короткого замыкания. Особенностью выбора трансформаторов тока является выбор по классу точности и проверка на допустимую нагрузку вторичной цепи. Трансформаторы тока для присоединения

счётчиков, по которым ведутся финансовые расчёты, должны иметь класс точности 0,5, для релейной защиты 10 %.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому в расчётах вторичных цепей его не учитывают.

Условия выбора трансформаторов тока:

1. По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном.та}$
2. По номинальному первичному току: $I_{уст} \leq I_{ном.та}$
3. По нагрузке вторичной цепи, $Z_2 \leq Z_{2н.та}$.

Необходимые проверки:

1. На динамическую стойкость к токам КЗ, $i_{уд} \leq i_{дин}$ или $k_{дин} \geq \frac{i_y}{\sqrt{2} \cdot I_{н.тт}}$
2. На термическую стойкость $B_K \leq (k_T \cdot I_{н.тт})^2 \cdot t_T$ или $B_K \leq I_{тт}^2 \cdot t_T$

Выбираем трансформаторы тока на вводах 10 кВ и на отходящих линиях.

Определяем вторичную нагрузку в цепи трансформатора тока. К вторичной обмотке трансформаторов тока включаются: амперметр, ваттметр, счётчики активной и реактивной энергии и варметр. Данные по приборам занесём в табл. 9.1.1.

Таблица 9.1.1 Данные по измерительным приборам

Наименование прибора	Тип	Нагрузка, ВА		
		А	Б	С
Амперметр	ЭЛ-2	1,73	---	---
Ваттметр	Д585	0,525	---	0,525
Счётчик активной энергии	САУЗУ-И670	0,175	---	0,175
Счётчик реактивной энергии	СРУУ-И672	0,275	---	0,275
Варметр	Д335	0,5	---	0,5
$\Sigma S_{приб}$	---	3,205	---	1,475

Расчёт будем вести по наиболее загруженной фазе.

Суммарное сопротивление приборов:

$$\Sigma r_{приб} = \frac{\Sigma S_{приб}}{I_{2н}^2} = \frac{3,205}{5^2} = 0,128 \text{ Ом.}$$

где: $I_{2н} = 5 \text{ А}$ – номинальный ток вторичной обмотки.

Определим сопротивление контрольного кабеля. Примем сечение кабеля равное $2,5 \text{ мм}^2$, длина кабеля 30 м, с учётом схемы соединения приборов:

$$l_{расч} = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ м}$$

$$r_{пр} = \frac{1000}{\gamma \cdot F} l_{расч} = \frac{1000}{32 \cdot 2,5} 0,045 = 0,562 \text{ Ом.}$$

$r_{кон} = 0,1 \text{ Ом}$ – сопротивление контактов.

Индуктивное сопротивление вторичных токовых цепей очень мало, поэтому им можно пренебречь, тогда полное сопротивление вторичной цепи:

$$Z_2 = \Sigma r_{приб} + r_{пр} + r_{кон} = 0,128 + 0,562 + 0,1 = 0,79 \text{ Ом}$$

Полная мощность нагрузки вторичной цепи:

$$S_{2P} = I_{2H}^2 \cdot Z_2 = 5^2 \cdot 0,79 = 19,75 \text{ ВА}$$

Результаты расчётов выбора трансформаторов тока приведем в табл. 9.1.2.

Таблица 9.1.2 Выбор трансформаторов тока на стороне 10 кВ [9, табл. 5-9]

Место установки	На вводе ЗРУ-10 кВ	На отходящих линиях ЗРУ-10 кВ
Расчётные данные	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$
	$I_p = 509,22 \text{ А}$	$I_p = 184,74 \text{ А}$
	$Z_2 = 0,79 \text{ Ом}$	$Z_2 = 0,79 \text{ Ом}$
	$i_{уд} = 14,15 \text{ кА}$	$i_{уд} = 14 \text{ кА}$
	$B_k = 27,413 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = 27,413 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Тип трансформатора тока	ТЛ-10УЗ	ТЛ-10УЗ
Каталожные данные	$U_{н.та} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.та} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{н.та} = 600 \text{ А}$	$I_{н.та} = 600 \text{ А}$
	$Z_{2н.та} = 0,8 \text{ Ом}$	$Z_{2н.та} = 0,8 \text{ Ом}$
	$i_{дин} = 81 \text{ кА}$	$i_{дин} = 81 \text{ кА}$
	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 4000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 4000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

9.3 Выбор трансформаторов напряжения

Условия выбора трансформаторов напряжения:

1. По первичному номинальному напряжению, $U_{уст} \leq U_{н.тн.}$;
2. По типу и схеме соединения обмоток;
3. По погрешности $N_{тн} \leq N_{доп.}$;
4. По вторичной нагрузке.

На каждой секции шин ГПП устанавливается трехфазный трёхобмоточный трансформатор напряжения марки НТМИ-10-66. Вторичная обмотка, соединённая в звезду используется для измерительных приборов, а к обмотке, соединённой в разомкнутый треугольник присоединяется реле защиты от замыкания на землю. Во вторичную обмотку трансформатора напряжения включают: ваттметр, вольтметр, счётчики активной и реактивной энергии и варметр. Данные по приборам занесём в табл. 9.2.1.

Таблица 9.2.1 Данные по измерительным приборам

Наименование прибора	Тип	Sn, ВА	Число катушек	cos φ	Число приборов	Потребляемая мощность	
						P, Вт	Q, Вар
Вольтметр	Э337	2,6	1	1	1	2,6	0
Ваттметр	Д-585	0,5	2	1	1	1,0	0
Варметр	Д-335	1,5	2	1	1	3,0	0
Счётчик активной энергии	И-670	1,5	2	0,38	8	11,4	27,8
Счётчик реактивной энергии	И-672	1,5	2	0,38	8	11,4	27,8
Итого						29,4	55,6

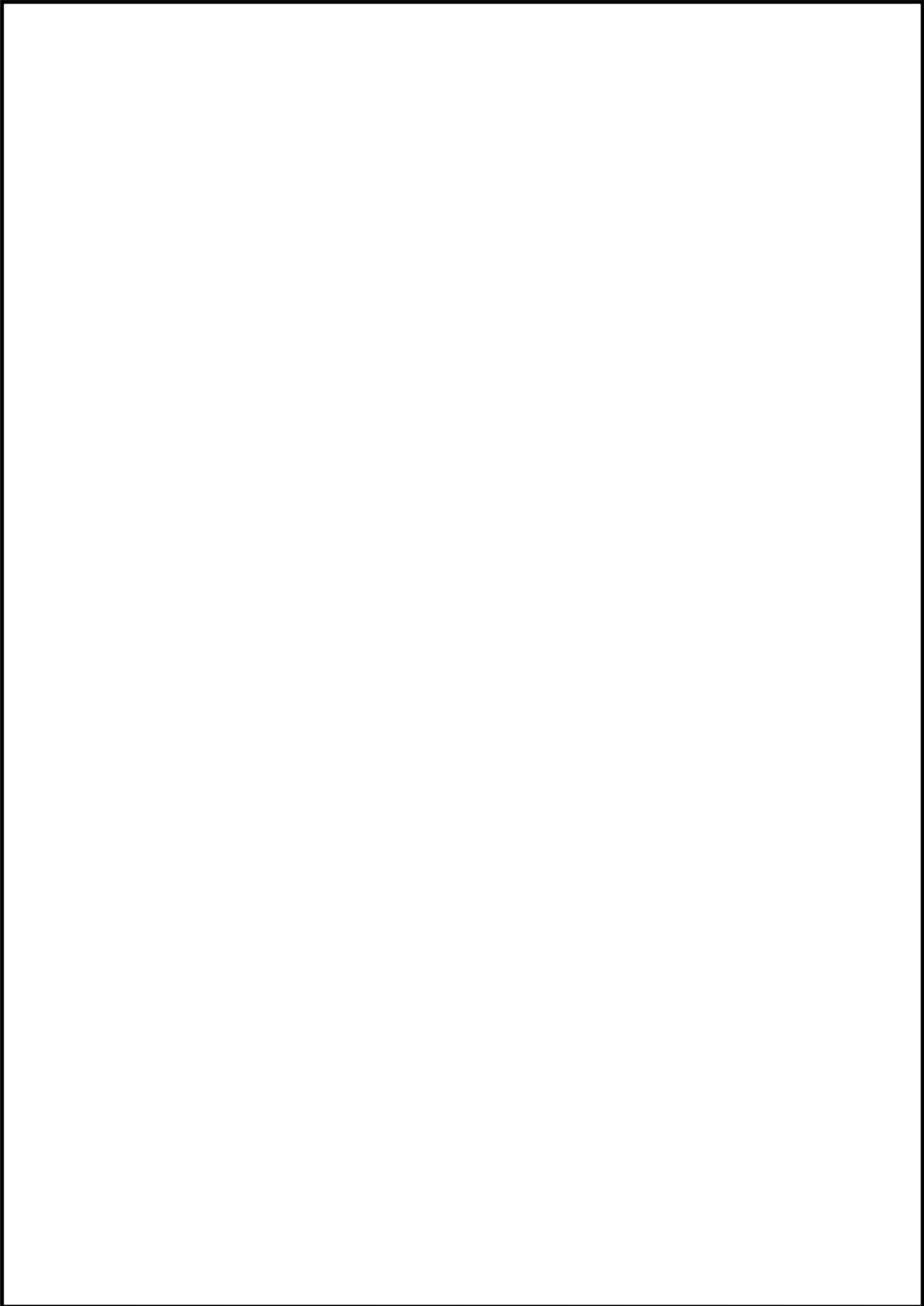
Расчётная вторичная нагрузка трансформатора напряжения:

$$S_{2P} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{29,4^2 + 55,6^2} = 62,9 \text{ ВА}$$

Проведём проверку выбранного трансформатора напряжения марки НТМИ-10-66 с классом точности 0,5 [9, табл.5-13].

$$U_{н.тн} = 10 \text{ кВ} = U_{уст} = 10 \text{ кВ}$$

$S_{н.тн} = 120 \text{ BA} > S_{2p} = 62,9 \text{ BA}$, следовательно, выбранный трансформатор напряжения подходит для эксплуатации.



					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ							
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат								
Выполнил	Абакумов А.В.				Электроснабжение цеха				Лит		Лист	Листов
Руковод	Муравлев И.О.											
									НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01 -----			

10. Электроснабжение механического цеха

Электроснабжение цеха выполняется в следующей порядке.

1 Электроріємники цеха распределяют по пунктам питания (шинопроводам или силовым распределительным шкафам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (радиальная, магистральная, смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую надёжность питания приёмников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приёмников и перемещения приёмников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов и шинопроводов должно также соответствовать характеру окружающей среды.

2 Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха и произведем выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения.

3 Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха

4 Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного или самого удалённого электроприёмника) строиться карта селективности действия аппаратов защиты.

5 Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от цеховой ТП или наиболее мощного электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима.

6 Производится расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

10.1.Выбор автоматических выключателей

Выбор автоматических выключателей необходим для обеспечения автоматического отключения при ненормальных режимах работы в сети.

Выбор производится по следующим условиям:

$$I_{н.т.р.} \geq I_{длит};$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{кр};$$

Уставки по времени должны быть проверены на селективность действия последовательно включенных аппаратов защиты, чтобы при каждом нарушении нормального режима отключался только поврежденный участок, но не срабатывали аппараты в высших звеньях.

$$I_{дл} = I_{ном.тр} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 957 \text{ А};$$

$$I_{дон} = 1,4 \cdot I_{ном.тр} = 1,4 \cdot 957 = 1341 \text{ А};$$

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{ном.тр}} - k_u \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}}) = 498,8 + (957 - 0,12 \cdot 99,76) = 1441,8 \text{ А};$$

$$I_{\text{кз}} = 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 1441,8 = 1802,3 \text{ А};$$

Изучив рынок электроустановочных изделий и используя справочную литературу выбираем автоматический выключатель типа ВА 88-43. Автоматические выключатели серии ВА88 - результат глубокого анализа требований рынка, совмещающий в себе большие возможности с исключительно компактными размерами, универсальностью в использовании, прочностью, простотой установки и передовой технологией. Микропроцессорный расцепитель, используемый в выключателе ВА88-43, обеспечивает точность и надежность, возможность оперативной настройки в процессе эксплуатации, что позволяет автоматическим выключателям полностью интегрироваться в управляющую логику, применяемую в системах контроля энергосбережения. Требуется только одна настройка для всех фаз и нейтрали, при этом срабатывание расцепителя происходит одновременно для всех полюсов выключателя.

Микропроцессорный расцепитель не требует отдельного питания и гарантирует правильную работу защиты при токе нагрузки не менее 15% от номинального даже при наличии напряжения только в одной фазе. Блок защиты включает в себя три или четыре (в зависимости от количества полюсов) трансформатора тока, микропроцессорный модуль и отключающую катушку, которая воздействует непосредственно на механизм выключателя. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса выключателя, питают расцепитель и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты.

При появлении сверхтока выключатель отключается под воздействием отключающей катушки и включает контакты сигнализации срабатывания расцепителя. Индикация восстановления использует механическую систему и приводится в исходное состояние рукояткой выключателя.

Действие механизма отключения может быть проверено подачей постоянного напряжения 12 В на гнезда "ТЕСТ".

Функции защиты выбираются и регулируются непосредственно на передней панели установкой переключателей согласно приведенной мнемосхеме.

только одна настройка для всех фаз и нейтрали, при этом срабатывание расцепителя происходит одновременно для всех полюсов выключателя.

Микропроцессорный расцепитель не требует отдельного питания и гарантирует правильную работу защиты при токе нагрузки не менее 15% от номинального даже при наличии напряжения только в одной фазе. Блок защиты включает в себя три или четыре (в зависимости от количества полюсов) трансформатора тока, микропроцессорный модуль и отключающую катушку, которая воздействует непосредственно на механизм выключателя. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса выключателя, питают расцепитель и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты.

При появлении сверхтока выключатель отключается под воздействием отключающей катушки и включает контакты сигнализации срабатывания расцепителя. Индикация восстановления использует механическую систему и приводится в исходное состояние рукояткой выключателя.

Действие механизма отключения может быть проверено подачей постоянного напряжения 12 В на гнезда "ТЕСТ".

Функции защиты выбираются и регулируются непосредственно на передней панели установкой переключателей согласно приведенной мнемосхеме.

$$I_{н.т.р.} = 1600 \text{ А} \geq I_{длит} = 957 \text{ А}.$$

Уставка в зоне перегрузки:

$$I_{перепр.уст} = 2 \cdot 1600 \text{ А} \geq I_{доп} = 1441,8 \text{ А}.$$

Уставка в зоне кз:

$$I_{кз.уст} = 3 \cdot 1600 \text{ А} \geq I_{кз} = 1802,3 \text{ А}.$$

Вводной выключатель ВА 88-43-1600

Выбор автоматического выключателя ПР-1.

$$I_{длит} = I_{расч}^{np1} = 216 \text{ А} \leq I_{ном.расч};$$

$$1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot (5 \cdot I_{длит}) = 1,25 \cdot 1080 = 1350 \text{ А} \leq I_{кз};$$

(пиковый ток гидравлического прессы принимаем равным 5-кратному номинальному).

Выбираем автоматический выключатель серии ВА – ВА88-35-250:

$$I_{н.т.р.} = 250 \text{ А} \geq I_{длит} = 216 \text{ А};$$

$$I_{кз} = (10) I_{н.т.р.} = 10 \cdot 250 \text{ А} = 2500 \text{ А} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1350 \text{ А}.$$

Выбор автоматического выключателя для электроприемников.

Все электрические сети должны иметь защиту от токов кз по возможности с наименьшим временем отключения и обеспечением селективности последовательно включенных аппаратов защиты. Защита при этом должна обеспечивать отключение аварийной линии при кз на любом её участке, включая и кз в конце линии.

Обязательная защита от перегрузки согласно ПУЭ требуется для:

сетей внутри помещений, выполненных открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией;

осветительных сетей в жилых или общественных зданиях, в торговых помещениях, промышленных предприятиях, а так же в пожароопасных зонах;

силовых сетей на предприятиях, в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях – только в случаях, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка;

проводников силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II, В-IIa.

Аппаратами защиты в сетях до 1 кВ обычно служат предохранители и автоматические выключатели.

Номинальные токи электроприемников:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi \cdot \eta},$$

где $\cos \phi = 0,85$; $\eta = 0,9$ – принимаем для всех электроприемников.

Пусковые токи электроприемников:

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном}, \quad (48)$$

где $k=5$ – кратность пускового тока, принимается для всех электроприемников с асинхронным приводом.

Пример:

Гидравлический пресс № 12: $P_{ном} = 40$ кВт;

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi \cdot \eta} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 1} = 72,85 \text{ A};$$

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном} = 5 \cdot 72,85 = 364,2$$

$$I_{н.т.р.} = 80 \text{ A} \geq I_n = 72,85 \text{ A}$$

$$I_{э.р.} = K \cdot I_{н.т.р.} = 10 \cdot 80 = 800 \text{ A} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} = 546,3 \text{ A};$$

Используя справочную литературу выбираем автоматический выключатель серии ВА – ВА88-33-160 с электромагнитным приводом ЭП2-160.

Электромагнитный привод - это электромеханическое устройство оперирования выключателем (включить/отключить), имеющее встроенное ручное управление. Привод позволяет дистанционно управлять выключателем и особенно удобен в системах телеуправления энергосбережением. Устанавливается в комплекте с ручным управлением и аварийной отключающей кнопкой. Имеет устройство для навесного замка с целью блокировки в выключенном состоянии с различными ключами для каждого выключателя. Двигатель воздействует непосредственно на рукоятку выключателя при поступлении команды включения/отключения от внешних кнопок "вкл" / "откл". Устанавливается на переднюю панель выключателя.

Результаты расчетов сведены в таблицу 10.1

Таблица 10.1. Выбор распределительной сети и аппаратов защиты для ЭП.

№	Приемник					Защитный аппарат			
	Наименование электроприемника	$P_{ном}, кВт$	$I_{н}, А$	$I_{пуск}, А$	$1,5 \times I_{пуск}$	Тип	$I_{н.р.}, А$	K	$I_{з.р.}, А$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Электроэрозионный станок	24	74	370	555	ВА 88-33	80	10	800
2	Электроэрозионный станок	24	74	370	555	ВА 88-33	80	10	800
3	Электроэрозионный станок	24	74	370	555	ВА 88-33	80	10	800
4	Электроэрозионный станок	24	74	370	555	ВА 88-33	80	10	800
5	Токарный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
6	Токарный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
7	Токарный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
8	Токарный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
9	Токарный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
10	Горизонтально-фрезерный	20	63	315	472,5	ВА 88-33	80	10	800
11	Горизонтально-фрезерный	20	63	315	472,5	ВА 88-33	80	10	800
12	Гидравлический пресс	40	73	365	547,5	ВА 88-33	80	10	800
13	Токарный станок с ЧПУ	28	87	435	652,5	ВА 88-33	100	10	1000
14	Токарный станок	29	90	450	675	ВА 88-33	100	10	1000
15	Токарный станок	29	90	450	675	ВА 88-33	100	10	1000
16	Токарный станок	29	90	450	675	ВА 88-33	100	10	1000
17	Вертикально-сверлильный	9	28	140	210	ВА 88-33	32	10	320
18	Вертикально-сверлильный	9	28	140	210	ВА 88-33	32	10	320
19	Долбежный станок	15	46	230	345	ВА 88-33	50	10	500
20	Фрезерный станок	12	37	185	277,5	ВА 88-33	50	10	500
21	Фрезерный станок	12	37	185	277,5	ВА 88-33	50	10	500
22	Фрезерный станок	12	37	185	277,5	ВА 88-33	50	10	500
23	Фрезерный станок	12	37	185	277,5	ВА 88-33	50	10	500
24	Механический пресс	58	138	690	1035	ВА 88-33	160	10	1600
25	Внутришлифовальный станок	18	56	280	420	ВА 88-33	63	10	630
26	Внутришлифовальный станок	18	56	280	420	ВА 88-33	63	10	630
27	Внутришлифовальный станок	18	56	280	420	ВА 88-33	63	10	630
28	Плоскошлифовальный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
29	Плоскошлифовальный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
30	Плоскошлифовальный станок	17	53	265	397,5	ВА 88-33	63	10	630
31	Координатно-расточной	22	68	340	510	ВА 88-33	80	10	800
32	Координатно-расточной	22	68	340	510	ВА 88-33	80	10	800
33	Координатно-расточной	22	68	340	510	ВА 88-33	80	10	800
34	Координатно-расточной	22	68	340	510	ВА 88-33	80	10	800
35	Координатно-расточной	22	68	340	510	ВА 88-33	80	10	800
36	Координатно-расточной	22	68	340	510	ВА 88-33	80	10	800
37	Кран-балка ПВ=40%	29	57	285	427,5	ВА 88-33	63	10	630
38	Вентилятор	12	23	115	172,5	ВА 88-33	25	10	250
39	Вентилятор	12	23	115	172,5	ВА 88-33	25	10	250

10.2. Выбор сечений шинопроводов.

Шинопроводы представляют собой комплектное электротехническое устройство для внутрицеховой электрической сети. Разновидностями магистральных шинопроводов являются открытые шинные магистрали из неизолированных шин, которые прокладываются на высоте 10-12 м по нижнему поясу ферм на изоляторах в цепях небольшой протяжённости. Открытые шинные магистрали достаточно дешёвы и надёжны.

Таблица 10.2.

Наименование участка линии	S_p кВА	L, км	I_p , А	Марка	Сечение	$I_{доп}$, А
ПР-1	142,5	0,05	216	ШРА-73	35x5	250
ПР-2	490,4	0,05	745,9	ШЗМ-16	2(100x10)	1600

Для сети освещения выбираем осветительного шинопровода : ШОС 80-93 . Допустимый длительный ток 16 А . Для защиты осветительных шинопроводов от К.З. используем автоматические выключатели АЕ2000-25-12.5 . Светильники подключаем к шинопроводу через смонтированные в нем штепсельные розетки,

Осветительный шинопровод расположенные в верхней зоне цеха. Там же расположен троллейный шинопровод для питания кран-балки, по конструкциям вдоль стены цеха размещены распределительные шинопроводы. В местах ответвления к электроприемникам на алюминиевые шины устанавливают медные накладки — неподвижные контакты штепсельного разъема. Окна закрыты крышками, которые снимают при монтаже ответвлений. Автоматические выключатели устанавливаются в ответвительные коробки.

10.3 Выбор сечения питающего проводника РУ-ПР.

Условие выбора проводников: $I_p = I_{дл} \leq I_{доп}$;

$$I_{ном} = I_p = I_{дл} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Пример расчёта для линии РУ-ПР-1

$$I_{ном} = I_p = I_{дл} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{142,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 216,8 \text{ (А)};$$

Используя справочную литературу выбираем кабель марки АНРГ(4×95), у которого $I_{доп} = 220 > 216,8 \text{ (А)}$.

Выбранное сечение необходимо проверить по допустимой потере напряжения $\Delta U_p \% = \Delta U_o \cdot I_p \cdot l$,

где ΔU_o — потеря напряжения в 3-х фазных сетях, %/А·км, принимаем по справочной литературе = 0,13%/А·км

I_p — расчётный ток;

l — длина проводника.

$$\Delta U_p \% = 0,13 \cdot 216,8 \cdot 0,055 = 1,5 \% < 5 \% ;$$

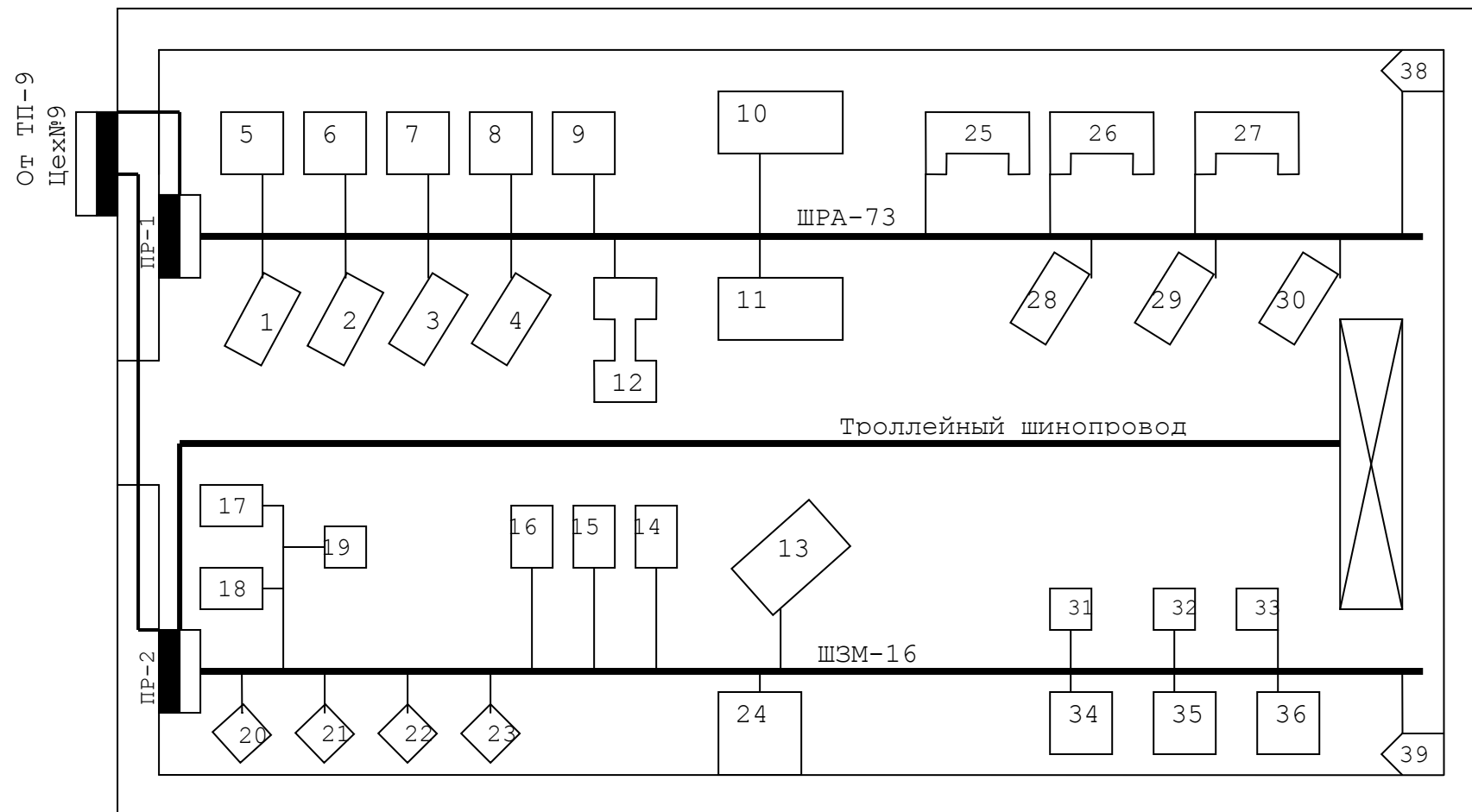


Рисунок.10.1.Ответвления к распределительным шкафам и электроприемникам.

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ		
Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата	Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением до 1000 В		
Выполнил	Абакумов А.В.						
Руковод	Муравлев И.О.						
					НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

1.1. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В

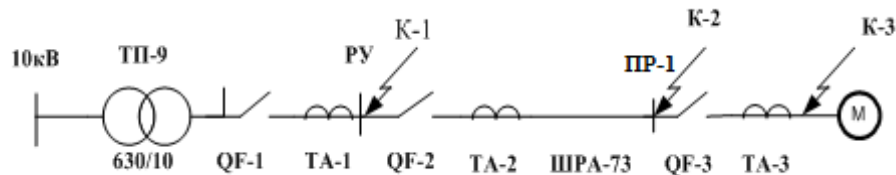
Схема сети ниже 1000 В показана на рис.11. Расчет токов кз в сетях до 1000 В обладает следующими особенностями:

- напряжение на шинах цеховой ТП считается неизменным при кз в сети до 1000В;
- при расчете токов кз учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки кз всех элементов сети;
- расчет ведется в именованных единицах, напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети (при $U_{\text{сети}} = 0,38 \text{ кВ}$ принимаем $U = 1,05U_{\text{сети}} = 0,4 \text{ кВ}$);
- ток кз определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}};$$

где Z_{Σ} , мОм – сопротивление до точки кз; $U_n = 400 \text{ В}$.

Расчет токов кз производим до участка цеховой сети до ЭП № 12.



Рисисунок.11. Однолинейная схема сети ниже 1000 В

Линия ТП-9 – ЭП №12

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К1. Сопротивления QF1 и ТА1 не учитываем, т.к. $I_{\text{ном.ап}} = 800 \text{ А}$.

Активное и индуктивное сопротивления трансформатора:

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U^2}{S_{\text{ном.тр}}^2} = \frac{7,6 \cdot 400^2}{630^2} = 3 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{р}} \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{5,49}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,94 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{R_{\text{тр}}^2 + X_{\text{тр}}^2} = \sqrt{3^2 + 13,94^2} = 14,26 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{тр}} / X_{\text{тр}} = 3 / 13,94 = 0,2, \text{ по графику находим (рис.1.9.1,7) } k_{\text{уд}} = 1,5;$$

$$I_{\kappa 1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,26} = 16,5 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд1}} = I_{\kappa 1} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд1}} = 16,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,5 = 34,65 \text{ кА}.$$

Линия ТП-9 – ПР-1

Определяем полное суммарное сопротивление до точки К2. Сопротивления QF2 и ТА2 не учитываем, т.к. $I_{\text{ном.ап}} = 800 \text{ А}$.

Для ШРА-73 (35х5)

$$R_2 = R_{021}/n = 0,031 \cdot 0,006/1 = 0,18 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{02}/n = 0,017 \cdot 0,006/1 = 0,1 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 2} = \sqrt{(R_{mp} + R_2)^2 + (X_{mp} + X_2)^2} = \sqrt{10,1 + 197,1} = 14,3 \text{ мОм};$$

$$R_{\Sigma 2} / X_{\Sigma 2} = 10,1 / 197,1 = 0,05, \text{ по графику находим (рис.1.9.1,7) } k_{y0} = 1,8;$$

$$I_{\kappa 2} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,3} = 16,3 \text{ кА};$$

$$i_{y2} = I_{\kappa 2} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y02} = 16,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 40,9 \text{ кА}.$$

Линия ПР-1 - №12

Определяем полное суммарное сопротивление до точки КЗ.

Для ШРА-73 (35х5)

$$R_3 = R_{02}/n = 0,031 \cdot 0,006/1 = 0,18 \text{ мОм};$$

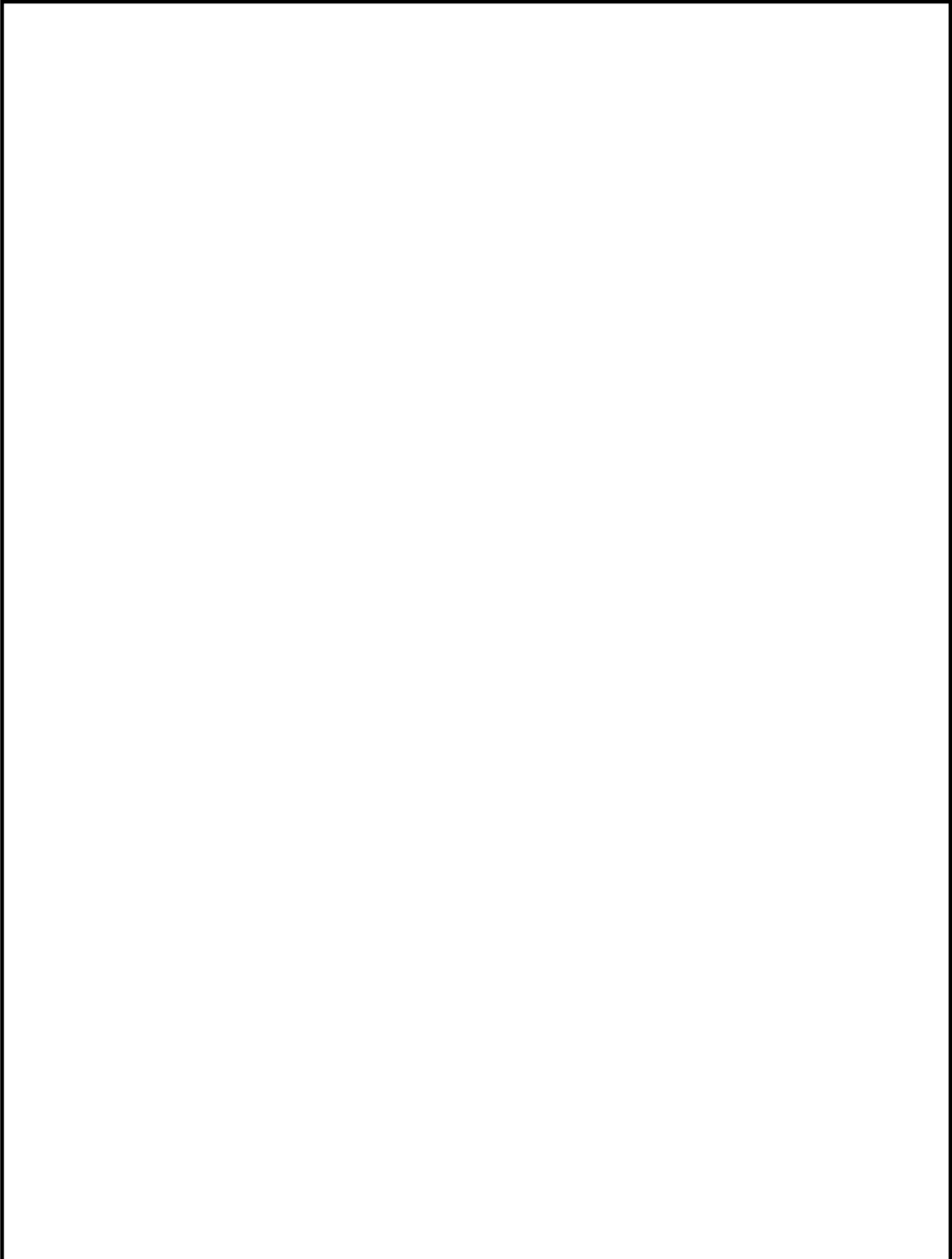
$$X_3 = X_{02}/n = 0,017 \cdot 0,006/1 = 0,1 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 3} = \sqrt{(R_{mp} + R_3)^2 + (X_{mp} + X_3)^2} = \sqrt{10,1 + 197,1} = 14,3 \text{ мОм};$$

$$R_{\Sigma 3} / X_{\Sigma 3} = 10,1 / 197,1 = 0,05, \text{ по графику находим (рис.1.9.1,7) } k_{y0} = 1,8;$$

$$I_{\kappa 3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,3} = 16,1 \text{ кА};$$

$$i_{y3} = I_{\kappa 3} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{y03} = 16,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 40,9 \text{ кА}.$$



					<i>ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ</i>		
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Выполнил</i>		<i>Абакумов А.В.</i>			<i>Построение эпюр отклонения напряжения</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>
<i>Руковод</i>		<i>Муравлев И.О.</i>					
					<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01</i>		

12. Построение эпюр отклонений напряжений

По ГОСТ 13109 – 97 отклонение напряжения является одним из основных показателей качества электроэнергии.

В соответствии с этим ГОСТ для силовых сетей промышленных предприятий отклонение напряжений не должен превышать $\pm 5\%$ от номинального значения. На шинах 10кВ подстанции, к которой присоединены распределительные сети, напряжение должно поддерживаться не ниже 10,5% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Расчет цеховой сети по условиям допустимых потерь напряжения и построение эпюры отклонения напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного ЭП № 12 ($P = 40$ кВт) для режимов максимальных и минимальных нагрузок, а также для послеаварийного режима, так как в цехе установлена двухтрансформаторная подстанция.

Если при построении эпюры отклонения напряжения окажется, что потеря напряжения больше допустимой, то нужно будет увеличить сечение проводников.

Расчет потерь напряжения в различных элементах производится по ниже приведенным выражениям:

потери напряжения в трансформаторах:

$$\Delta U_{mp} = \beta \cdot (U_a \% \cdot \cos \phi_2 + U_p \% \cdot \sin \phi_2) + \frac{\beta^2}{100} (U_a \% \cdot \sin \phi_2 - U_p \% \cdot \cos \phi_2);$$

где
$$\beta = \frac{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}}{S_{ном.тр}},$$

β - коэффициент загрузки трансформатора;

$P_i^2 + Q_i^2$ - активная и реактивная составляющие напряжения кз:

$$U_a \% = \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном.тр}} \right) \cdot 100\% ;$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{к\%}^2 - U_a^2 \%} ;$$

потери напряжения в линиях электропередач:

$$\Delta U_{л\text{эп}} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U^2} ;$$

отклонение напряжения:

$$\delta U = \frac{U_{факт} - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% .$$

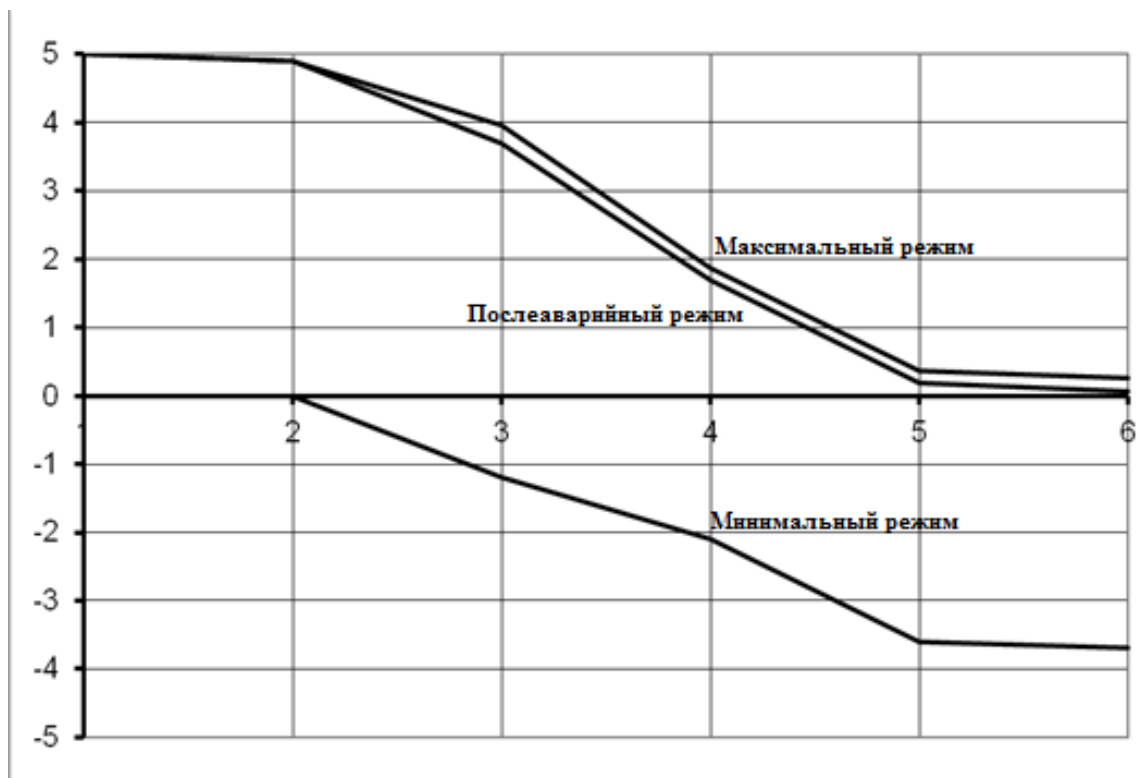
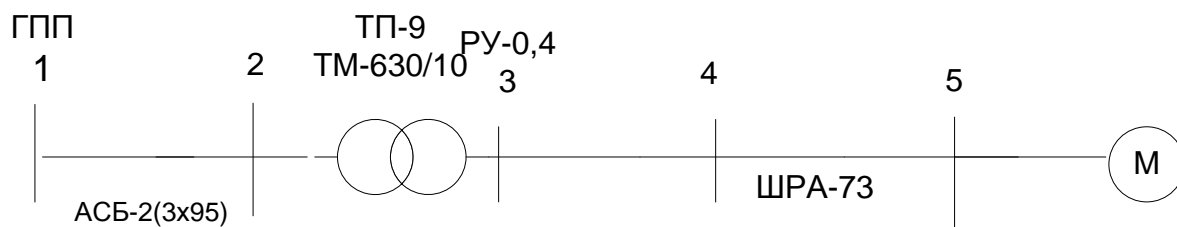


Рисунок.12. Радиальная сеть для расчета отклонений напряжения и эпюра отклонений напряжения

Максимальный режим:

Участок 1-2

$$P_{12} = (P_{\text{пр}1} + P_{\text{ц}1}) = 239,96 + 97,2 = 337,16 \text{ кВт};$$

$$Q_{12} = (Q_{\text{пр}1} + Q_{\text{ц}1}) = 103,6 + 208,44 = 312 \text{ кВАр};$$

$$S_{12} = \sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2} = \sqrt{337,16^2 + 312^2} = 459,3 \text{ кВА}.$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{337,16 \cdot 0,15 + 312 \cdot 0,013}{10 \cdot 10,5^2} = 0,004\%$$

где $R_{012} = 0,67 \text{ Ом}$ и $X_{012} = 0,06 \text{ Ом}$ – активное и индуктивное сопротивления ВЛ на участке 1-2.

Участок 2-3

Так как на участке 2-3 в расчетной цепочке имеется цеховая ТП, то нужно выполнить расчет потери напряжения в трансформаторе ΔU_T , а именно:

Определим мощности для участка 2-3:

$$P_2 = 337,16 / 3 = 112,3 \text{ (кВт)}$$

$$Q_2 = 312 / 3 = 104 \text{ (кВАр)}$$

$$U_a \% = \frac{7,6 \cdot 100\%}{3 \cdot 630} = 0,402\%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 0,402^2} = 5,485\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{112,3^2 + 104^2}}{630} = 0,24$$

$$S_n = \sqrt{112,3^2 + 104^2} = 153,05 \text{ (кВА)}$$

$$\cos \varphi_3 = \frac{112,3}{153,05} = 0,7; \sin \varphi_3 = \frac{104}{153,05} = 0,6$$

$$\Delta U_{23} = 0,24 \cdot (0,402 \cdot 0,7 + 5,485 \cdot 0,6) + \frac{0,24^2}{200} \cdot (0,402 \cdot 0,6 - 5,485 \cdot 0,7) = 0,93\%$$

Участок 3 – 4

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью цеха:

$$P_4 = 239,96 \text{ (кВт)}$$

$$Q_4 = 208,44 \text{ (кВАр)}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{239,96 \cdot 0,01 + 208,44 \cdot 0,0048}{10 \cdot 0,4^2} = 2,1\%$$

где $R_{034} = 0,12 \text{ Ом}$ и $X_{034} = 0,06 \text{ Ом}$ – активное и индуктивное сопротивления шинпровода на участке 3 – 4.

Участок 4 – 5

Мощность участка 4-5 определяется активной и реактивной мощностью ПР-1:

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{97,2 \cdot 0,0227 + 103,6 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,39^2} = 1,51\%$$

Участок 5 – 6

Мощность участка 5-6 определяется активной и реактивной мощностью ЭП №12:

$$P_6 = 26 \text{ (кВт)}$$

$$Q_6 = 19,5 \text{ (кВАр)}$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_6 = 0,0067 \text{ (Ом)}$$

$$X_6 = 0,00042 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{26 \cdot 0,0067 + 19,5 \cdot 0,00042}{10 \cdot 0,39^2} = 0,11\%$$

Минимальный режим:

Участок 1-2

Определим минимальную активную и реактивную мощности цеха:

$$P_{\min} = P_{12} \cdot 0,4 = 134,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min} = Q_{12} \cdot 0,6 = 187,2 \text{ кВАр}$$

Определим активное и реактивное сопротивление ВЛ от ГПП до ТМ-630/10(участок 1-2):

$$R_1 = r_0 \cdot l = 0,67 \cdot 0,23 = 0,15 \text{ (Ом)}$$

$$X_1 = x_0 \cdot l = 0,06 \cdot 0,23 = 0,0138 \text{ (Ом)}, \text{ где:}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U^2} = \frac{134,8 \cdot 0,15 + 187,2 \cdot 0,0138}{10 \cdot 10,5^2} = 0,002\%$$

Участок 2-3

Определим мощности для участка 2-3

$$P_2 = 337,16 / 3 = 112,3 \text{ (кВт)}$$

$$Q_2 = 312 / 3 = 104 \text{ (кВАр)}$$

$$U_a \% = \frac{7,6 \cdot 100\%}{3 \cdot 630} = 0,402\%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 0,402^2} = 5,485\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{112,3^2 + 104^2}}{630} = 0,24$$

$$\Delta U_T = \beta (U_a \% \cdot \cos \varphi_2 + U_p \% \cdot \sin \varphi_2) + \frac{\beta^2}{200} (U_a \% \cdot \sin \varphi_2 - U_p \% \cdot \cos \varphi_2) = 2,63\%$$

Участок 3 – 4

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью цеха:

$$P_4 = 239,25 \cdot 0,4 = 95,7 \text{ (кВт)}$$

$$Q_4 = 208,4 \cdot 0,6 = 125,04 \text{ (кВАр)}$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_4 = 0,01 \text{ (Ом)}$$

$$X_4 = 0,0048 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{95,7 \cdot 0,01 + 125,04 \cdot 0,0048}{10 \cdot 0,4^2} = 0,9\%$$

Участок 4 – 5

Мощность участка 4-5 определяется активной и реактивной мощностью ПР-1:

$$P_5 = 97,2 \text{ (кВт)}$$

$$Q_5 = 103,6 \text{ (кВАр)}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{97,2 \cdot 0,0227 + 103,6 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,4^2} = 1,51\%$$

Участок 5 – 6

Мощность участка 5-6 определяется активной и реактивной мощностью ЭП№12:

$$P_6 = 26 \text{ (кВт)}$$

$$Q_6 = 19,5 \text{ (кВАр)}$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_6 = 0,0067 \text{ (Ом)}$$

$$X_6 = 0,00042 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{26 \cdot 0,0067 + 19,5 \cdot 0,00042}{10 \cdot 0,37^2} = 0,12\%$$

Послеаварийный режим:

В качестве послеаварийного режима рассмотрим выход из строя одного трансформатора в цеховой подстанции.

$$P = P_{12} \cdot 1,4 = 472,04 \text{ кВт};$$

$$Q = Q_{12} \cdot 1,4 = 436,8 \text{ кВАр};$$

Участок 1-2

$$\Delta U_{12} = \frac{472,04 \cdot 0,15 + 436,8 \cdot 0,138}{10 \cdot 10,5^2} = 0,01\%$$

Участок 2-3

$$P_2 = 112,3 \cdot 1,4 = 157,2 \text{ (кВт)}$$

$$Q_2 = 104 \cdot 1,4 = 145,6 \text{ (кВАр)}$$

$$U_a \% = \frac{7,6 \cdot 100\%}{3 \cdot 630} = 0,402\%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 0,402^2} = 5,485\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{157,2^2 + 145,6^2}}{630} = 0,34$$

$$S_n = \sqrt{157,2^2 + 145,6^2} = 214,2 \text{ (кВА)}$$

$$\cos \varphi_3 = \frac{157,2}{214,2} = 0,7; \sin \varphi_3 = \frac{145,6}{214,2} = 0,6$$

$$\Delta U_{23} = 0,34 \cdot (0,402 \cdot 0,7 + 5,485 \cdot 0,6) + \frac{0,34^2}{200} \cdot (0,402 \cdot 0,6 - 5,485 \cdot 0,7) = 1,2\%$$

где $\beta_T = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{S_{\text{ном.тр}}} = 0,34$ – коэффициент загрузки трансформатора.

Участок 3 – 4

Мощность участка 3-4 определяется активной и реактивной мощностью цеха:

$$P_4 = 239,96 \text{ (кВт)}$$

$$Q_4 = 208,44 \text{ (кВАр)}$$

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{239,96 \cdot 0,01 + 208,44 \cdot 0,0048}{10 \cdot 0,4^2} = 2,1\%$$

где $R_{034} = 0,12$ Ом и $X_{034} = 0,06$ Ом – активное и индуктивное сопротивления шинпровода на участке 3 – 4.

Участок 4 – 5

Мощность участка 4-5 определяется активной и реактивной мощностью ПР-1:

Потери напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{97,2 \cdot 0,0227 + 103,6 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,39^2} = 1,51\%$$

Участок 5 – 6

Мощность участка 5-6 определяется активной и реактивной мощностью ЭП №12:

$$P_6 = 26 \text{ (кВт)}$$

$$Q_6 = 19,5 \text{ (кВАр)}$$

Активное и реактивное сопротивления определяются аналогично п.1:

$$R_6 = 0,0067 \text{ (Ом)}$$

$$X_6 = 0,00042 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{26 \cdot 0,0067 + 19,5 \cdot 0,00042}{10 \cdot 0,39^2} = 0,11\%$$

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата	Построение карты селективности действия защитных аппаратов	Лит	Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В.							
Руковод	Муравлев И.О.							
						НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01		

13. Построение карты селективности действия защитных аппаратов

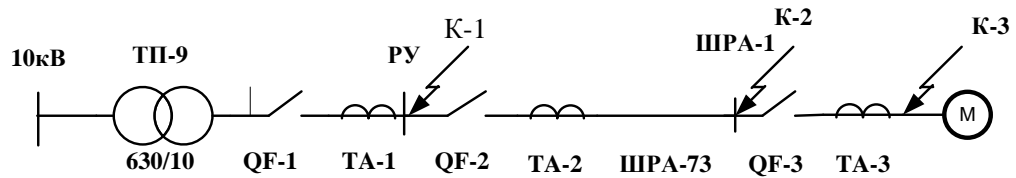


Рисунок.13.1. Однолинейная схема сети ниже 1000 В

Данные для построения карты селективности:

Номинальный ток электроприёмника, $I_{\text{эп}\text{№}12} = 80\text{A}$;

Расчётный ток ПР-1, $I_p = 216\text{ A}$;

Ток к.з. в точке 1, $I_{k1} = 16,5\text{ кА}$;

Ток к.з. в точке 2, $I_{k2} = 16,3\text{кА}$;

Ток к.з. в точке 3, $I_{k3} = 16,1\text{ кА}$;

Защитная характеристика выключателя ВА88-43 $\frac{1600}{16000}$ (0,05 с);

Защитная характеристика выключателя ВА88-35 $\frac{250}{2500}$ (0,04 с);

Защитная характеристика выключателя ВА88-33 $\frac{125}{1250}$ (0,02 с).

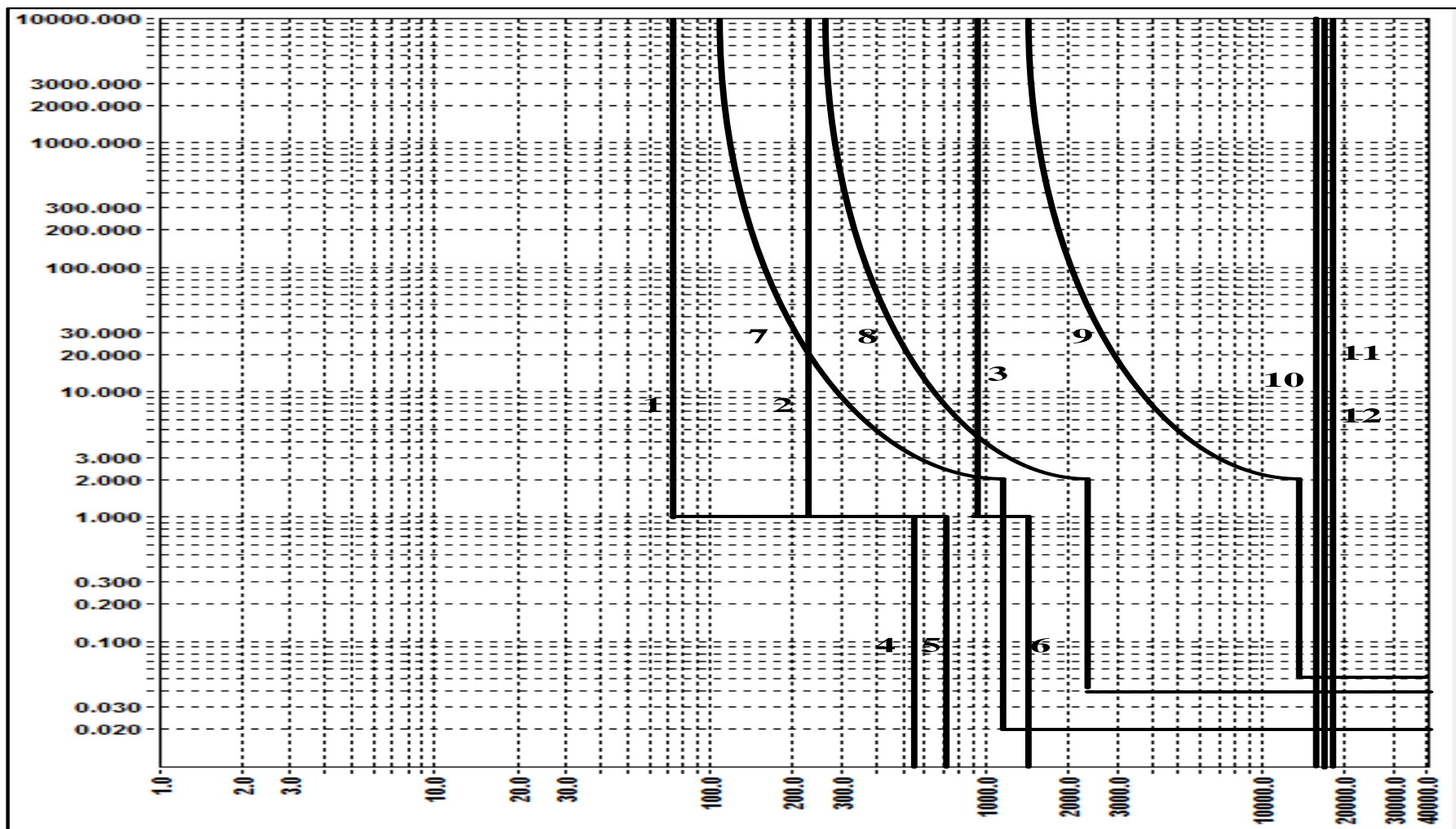
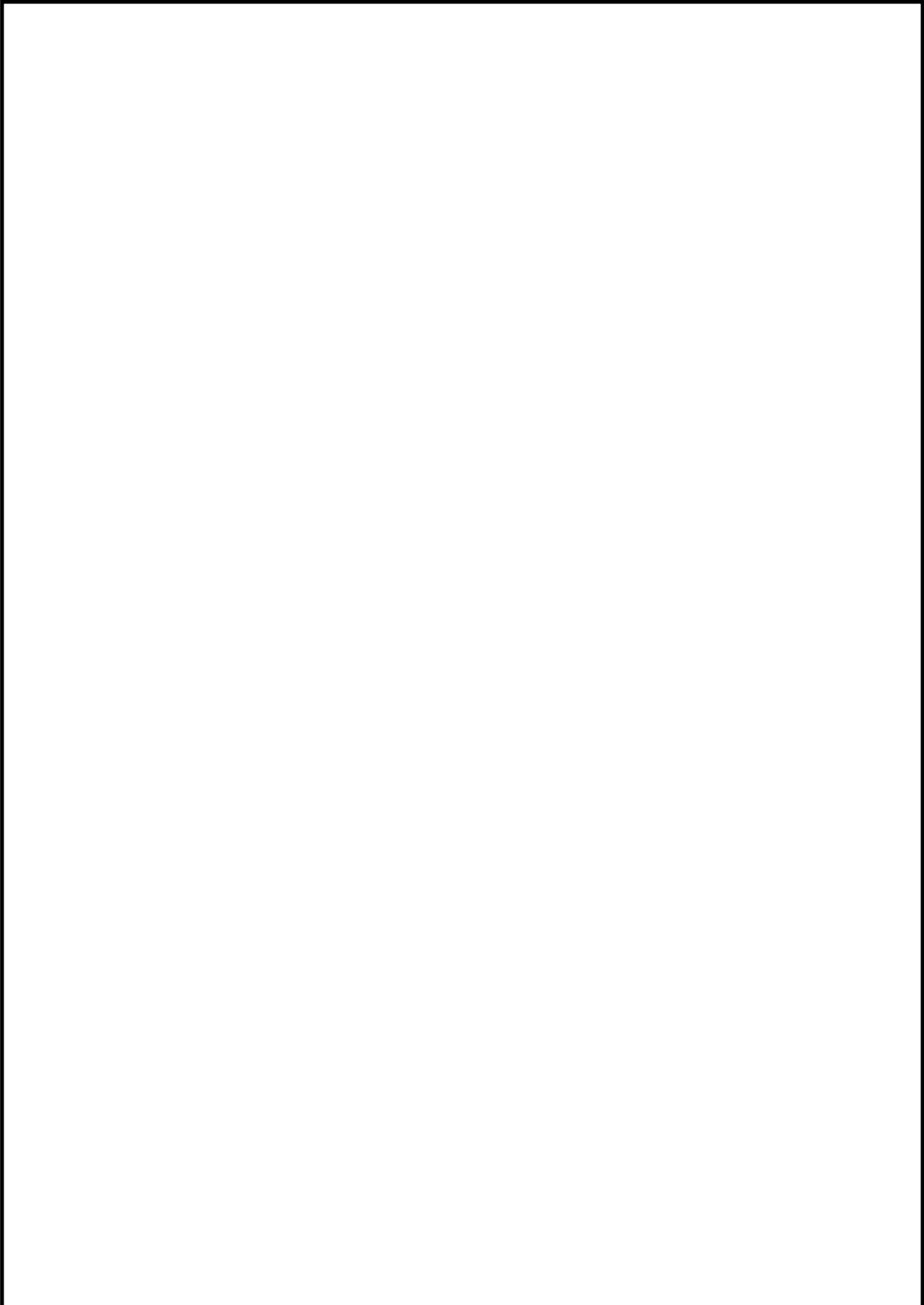


Рисунок.13.2.Карта селективности действия защитных аппаратов:

1 - номинальный ток ЭП №12; 4 - пусковой ток ЭП №12; 2 - расчётный ток ПР-1; 5-пиковый ток ПР-1; 3 - номинальный ток ТП-1;
 6- пиковый ток ТП-1; 7 - защитная характеристика ВА88-33; 8 - защитная характеристика ВА88-35; 9 - защитная характеристика ВА88-43;
 10 - ток к.з. в точке К3; 11 - ток к.з. в точке К2; 12 - ток к.з. в точке К1;



					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	Молниезащита			
Выполнил	Абакумов А.В.							
Руковод	Муравлев И.О.							
Консультан	Кабышев А.В.							
					НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01			

14. Молниезащита ГПП.

Перенапряжением называется повышенное напряжения до значения, опасного для изоляции электроустановки, рассчитанной на рабочее напряжение. Перенапряжение в электрических установках можно подразделить на две группы: коммутационное (внутренние) и атмосферное (внешние).

Атмосферные перенапряжения возникают вследствие возникновения на электроустановке грозовых разрядов. В отличие от коммутационных, они не зависят от значения рабочего напряжения электроустановки.

Атмосферные перенапряжения подразделяют на индуцированные перенапряжения и перенапряжения от прямого удара молнии.

Индуцированные перенапряжения образуются при грозовом разряде вблизи электроустановки и линии электропередачи за счет индуктивных влияний.

В электроустановках, использующих тросы, амплитуда перенапряжения не превосходит 300-400 кВ. Поэтому они опасны для электроустановок с рабочим напряжением до 35 кВ и не опасны для установок 110 кВ и выше.

Перенапряжение от прямого удара молнии наиболее опасны. Измерение показывают, что токи молнии изменяются от 10 до 250 кА, чаще всего их значение 25 кА. Скорость изменения тока молнии (крутизна фронта волны тока) различна. Обычно для расчётов принимают 50 кА/мкс при амплитуды 200 кА.

Для защиты электроустановок от атмосферных перенапряжений применяют молниеотводы, защитные тросы, разрядники и защитные промежутки.

Защиту распределительных устройств (РУ) от прямых ударов молнии осуществляют при помощи стержневых молниеотводов.

Молниеотвод состоит из металлического молниеприемника, который возвышается над защищаемым объектом и воспринимает удар молнии и токопроводящего спуска с заземлением, через которые ток молнии отводится в землю.

Пространство вблизи молниеотвода, в пределах которого поражение защищаемого объекта маловероятно, называют зоной защиты молниеотвода.

14.1 Выбор высоты молниеотводов.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой $h < 150$ м представляет собой конус с вершиной на высоте $h_0 < h$, сечение которого на высоте h_x имеет радиус r_x .

При вероятности прорыва молнии 0,05 защищаемый объект в среднем будет поражаться не чаще одного раза в 200 лет.

Зона защиты одиночного молниеотвода:

$$h_0 = 0,92 \cdot h, \text{ м};$$

$$r_x = 1,5 \cdot (h - h_x / 0,92), \text{ м}.$$

Зона защиты двухстержневых молниеотводов, находящихся вблизи друг от друга, расширяется по сравнению с зонами защиты отдельных молниеотводов. Возникает дополнительный объем зоны защиты, обусловленный совместным действием двух молниеотводов.

Зона защиты двойного молниеотвода:

$$h_{\min} = \begin{cases} h_0 & \text{при } l \leq 1,5h \\ h_0 - 0,14 \cdot (l - 1,5h) & \text{при } l > 1,5h \end{cases};$$

$$d_x = \begin{cases} r_x & \text{при } l \leq 1,5h \\ r_0 \cdot (h_{\min} - h_x) / h_{\min} & \text{при } l > 1,5h \end{cases}.$$

Несколько близко расположенных молниеотводов образуют «многократный» молниеотвод. Его зона защиты определяется зонами защиты ближайших молниеотводов. При этом принимается, что внутренняя зона имеет вероятность прорыва такую же, как и зоны взятых попарно молниеотводов.

Мы осуществим защиту открытого распределительного устройства подстанции четырьмя стержневыми молниеотводами, которые имеют следующие параметры: высоту - $h = 12$ м, при расстоянии между ближайшими молниеотводами $l_1 = 16$ м, между дальними $l_2 = 23$ м, защищаемый объект имеет высоту $h_x = 8$ м.

Расчет проводим по выше приведённым формулам:

Активная высота молниеотвода:

$$h_a = h - h_x = 12 - 8 = 4 \text{ м};$$

Вершина зоны защиты:

$$h_0 = 0,92 \cdot 12 = 11 \text{ м};$$

Граница внешней зоны с радиусом r_x на высоте h_x :

$$r_x = 1,5 \cdot \left(12 - \frac{8}{0,92} \right) = 5 \text{ м};$$

Радиус защитной зоны на уровне земли:

$$r_0 = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ м};$$

Зона защиты молниеотводов с расстоянием $l_1 = 16 \text{ м}$:

$$h_{\min} = 11 - 0,14 \cdot (16 - 1,5 \cdot 12) = 11,28 \text{ м},$$

$$d_x = 18 \cdot \frac{(11,28 - 8)}{11,28} = 5,23 \text{ м}.$$

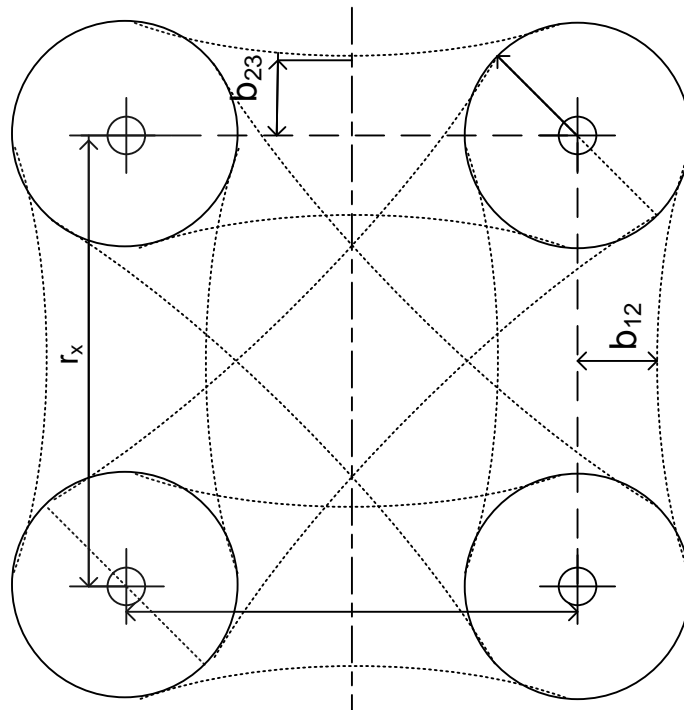
Зона защиты молниеотводов с расстоянием $l_2 = 23 \text{ м}$:

$$h_{\min} = 11 - 0,14 \cdot (23 - 1,5 \cdot 12) = 10,3 \text{ м},$$

$$d_x = 18 \cdot \frac{(10,3 - 8)}{10,3} = 4 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что защищаемый объект находится внутри зоны защиты.

Зона защиты двух двойных молниеотводов представлена на рис. 14.1:



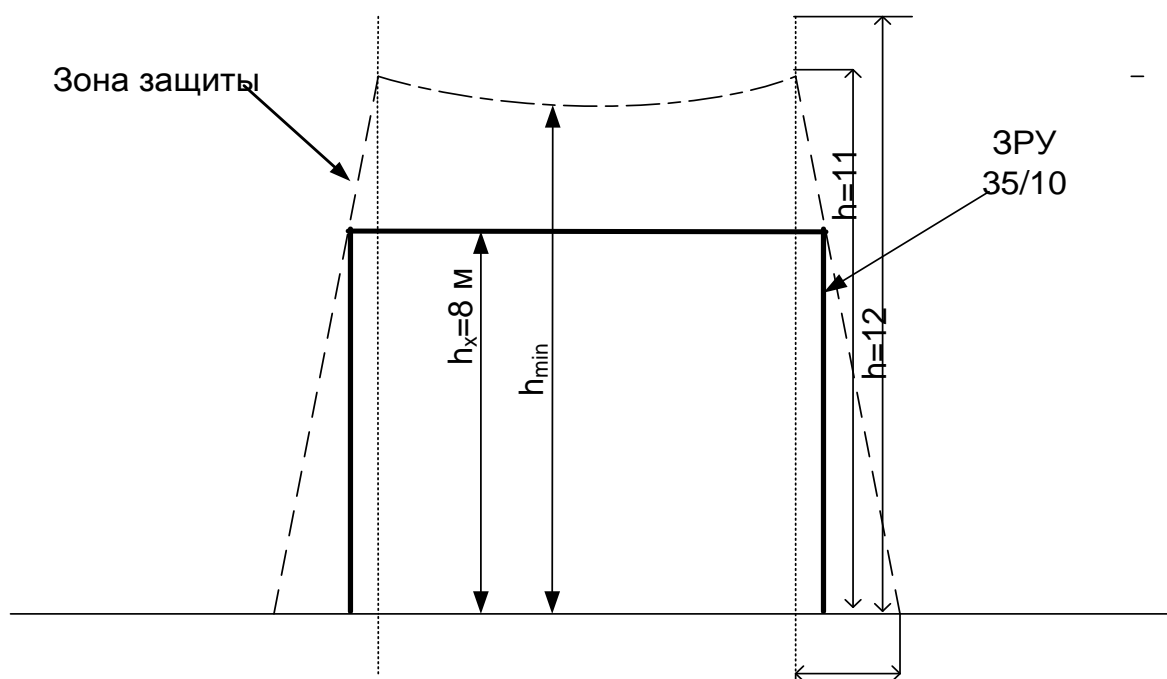


Рисунок. 14.1. Зона защиты двух двойных молниеотводов

14.2 Определение надежности защиты подстанции от прямых ударов молнии

Наиболее опасным проявлением молнии с точки зрения поражения зданий и сооружений является прямой удар.

Ожидаемое число поражений молнией в год зданий и сооружений высотой не более 60 м, не оборудованных молниезащитой и имеющих неизменную высоту, определяют по формуле:

$$N = (B + 10 \cdot h) \cdot (L + 10 \cdot h) \cdot n \cdot 10^{-6}, \text{ 1/год}$$

где B и L – ширина и длина заземленного объекта соответственно, м;

n – среднее число поражений молнией 1 см² поверхности в год.

$$N = (23 + 10 \cdot 12) \cdot (16 + 10 \cdot 12) \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,058 \text{ 1/год};$$

Число грозových отклонений:

$$\gamma = N \cdot \phi_i \cdot \phi_j \cdot \phi_a,$$

$$\gamma = 0,058 \cdot 0,7 \cdot 0,68 \cdot 0,05 = 1,38 \cdot 10^{-3};$$

где ϕ_i – вероятность появления тока молнии, при котором произойдет перенапряжение;

ϕ_j - вероятность установления устойчивой силовой дуги по месту перекрытия;

ϕ_a - вероятность прорыва тока молнии.

Показатель грозоупорности:

$$m = \frac{1}{\gamma}, \text{ лет}$$

$$m = \frac{1}{1,38 \cdot 10^{-3}} \approx 724 \text{ года};$$

14.3 Расчёт заземления отдельно стоящего молниеотвода

При выполнении заземлений используют вертикальные и горизонтальные электроды-заземлители, которые в совокупности с заземляющими проводниками образуют заземляющее устройство (ЗУ).

Заземляющее устройство выполняем в виде контура из соединительной полосы 40х4 мм, проложенной на глубине 0,7м. и стержней длиной 5м. и диаметром 12мм на расстоянии 5м друг от друга. Естественных заземлителей нет. Удельное сопротивление грунта при нормальной влажности $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (грунт – суглинок). Общая длина полосы по плану составляет 20м, предварительное число стержней 4.

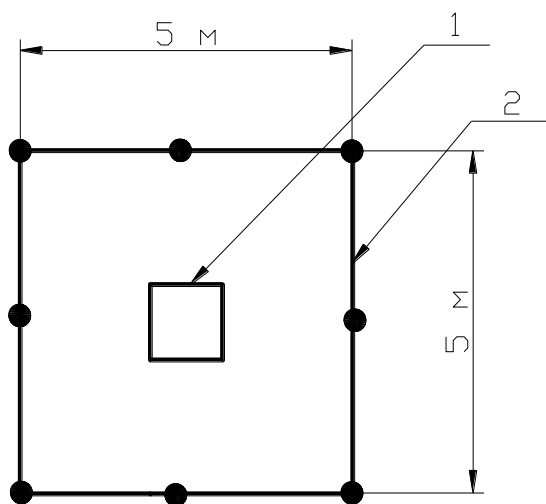


Рисунок 14.2. План заземляющего устройства для молниеотвода:

1-молниеотвод, 2-контур заземления; занимаемая площадь электродами $(5 \times 5) \text{ м}^2$;

Сопротивление одного стержня:

$$r_g = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{2 \cdot t + \frac{l}{2}}{2 \cdot t - \frac{l}{2}} \right) = \frac{150}{2 \cdot \pi \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{12 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{2 \cdot (0,7 + \frac{5}{2}) + \frac{5}{2}}{2 \cdot (0,7 + \frac{5}{2}) - \frac{5}{2}} \right) = 39,1 \text{ Ом},$$

где: $\rho_{расч} = \kappa_{сез} \cdot \rho = 1,5 \cdot 100 = 150$; коэффициент сезонности для третий климатической зоны $\kappa_{сез} = 1,5$ [7, табл. 1.11].

Сопротивление заземляющей полосы:

$$r_z = \frac{\rho_{расч}}{\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{1,5 \cdot l}{\sqrt{b \cdot t}} = \frac{2,3 \cdot 100}{\pi \cdot 20} \ln \frac{1,5 \cdot 20}{\sqrt{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7}} = 19 \text{ Ом},$$

где: коэффициент сезонности $\kappa_{сез} = 2,3$ [7, табл. 1.11].

Сопротивление полосы из 4 электродов:

$$R_z = \frac{r_z}{\eta_z} = \frac{19}{0,45} = 42,2 \frac{n!}{r!(n-r)!} \text{ Ом},$$

где: $\eta_z = 0,45$ [7, табл. 1.15].

Сопротивление вертикальных заземлителей составит:

$$R_g = \frac{r_g}{N_g \cdot \eta_g} = \frac{39,1}{4 \cdot 0,69} = 14,1 \text{ Ом},$$

где: $\eta_g = 0,69$ [7, табл. 1.15];

а заземляющего устройства в целом:

$$R_{зг} = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z - R_g} = \frac{42,2 \cdot 14,1}{42,2 - 14,1} = 21,1 \text{ Ом}.$$

Для токов молнии $I_{м} = 10 - 100 \text{ кА}$ импульсный коэффициент изменяется в пределах:

$$\alpha_{имп}^{10 \text{ кА}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{S}}{(\rho_{расч} + 320) \cdot (I_{м} + 45)}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{25}}{(150 + 320) \cdot (10 + 45)}} = 0,539,$$

$$\alpha_{имп}^{100 \text{ кА}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{S}}{(\rho_{расч} + 320) \cdot (I_{м} + 45)}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{25}}{(150 + 320) \cdot (100 + 45)}} = 0,332.$$

$$R_{зг\text{имп}} = (0,539 \div 0,332) \cdot R_{зг} = (0,539 \div 0,332) \cdot 21,1 = 11,3 \div 6,8 \text{ Ом}.$$

План и зона молниезащиты ОРУ ГПП приведен на рис.14.3. ниже.

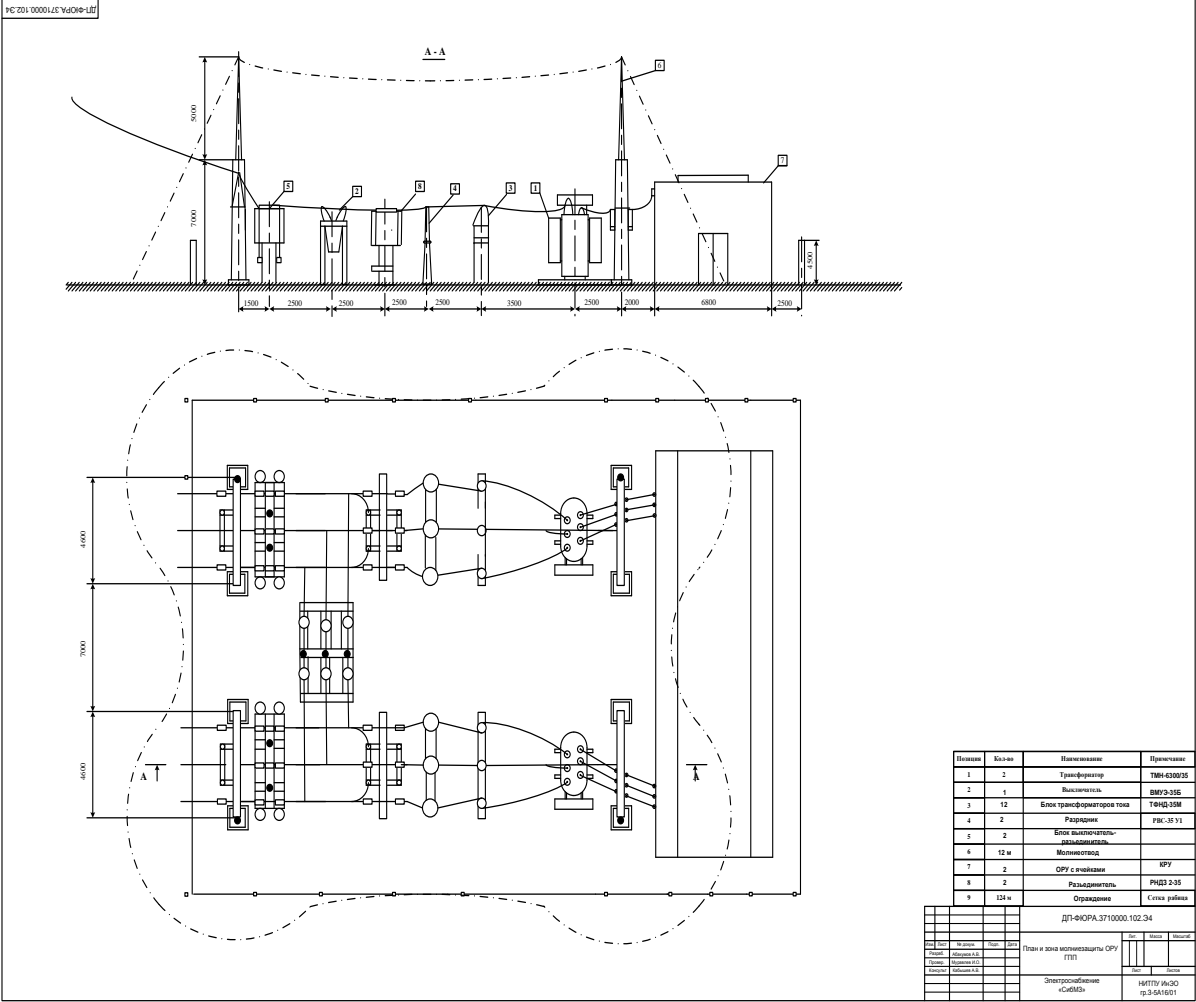


Рисунок. 14.3. План и зона молниезащиты ОРУ ГПП

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат							
Выполнил	Абакумов А.В.				Финансовый менеджмент, ресурсоэффeктивность и ресурсосбережение			Лит	Лист	Листов	
Руковод	Муравлев И.О.										
	Коршунова Л.А.										
								ТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01			

15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Общие сведения

Цель данной работы – расчет электроснабжения Сибирского механического завода. Детальный расчет электроснабжения производится для механического цеха, где используется стандартное электрооборудование, как наиболее экономически выгодное.

Капитальные вложения в электрооборудование – это в первую очередь, стоимость электрооборудования и стоимость строительно-монтажных работ. Смета – это документ, определяющий предельную и окончательную стоимость реализации проекта. Смета служит исходным документом капитального вложения, в котором определяются затраты, необходимые для выполнения полного объема необходимых работ.

Исходными материалами для определения сметной стоимости строительства объекта служат данные проекта по составу оборудования, объему строительных и монтажных работ; прейскуранты цен на оборудование и строительные материалы; нормы и расценки на строительные и монтажные работы; тарифы на перевозку грузов; нормы накладных расходов и другие нормативные документы.

Решение о проектировании электроснабжения цеха принимается на основе технико-экономического обоснования.

На основе утвержденного ТЭО заказчик заключает договор с проектной организацией на проектирование и выдает ей задание, которое содержит:

1. Генплан предприятия;
2. Расположение источника питания;
3. Сведения об электрических нагрузках;
4. План размещения электроприемников в отделениях;
5. Площадь отделений и всей территории цеха.

Различают две стадии проектирования:

- а) Технический проект;
- б) Рабочий чертеж.

Если проектируемый объект в техническом отношении не сложный, то обе стадии объединяются в одну – технорабочий проект.

15.1 Смета на проектирование

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проектирование электроснабжения объекта в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоемкость всех работ. После определения трудоемкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам

Таблица 15.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполняемых работ	Исполнители	Продолжительность, дн.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	3
		Инженер	3
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	7
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	7
4	Построение картограммы нагрузок	Инженер	1
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Техничко-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	7
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	1
		Инженер	7
7	Расчет внутривозводской сети предприятия	Инженер	11
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	1
9	Выбор электрооборудования в сети 1000 В.	Инженер	2
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Руководитель	2
		Инженер	9
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	2
12	Расчет молниезащиты	Инженер	1
13	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	2
14	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	3
		Инженер	25
15	Чертежные работы	Руководитель	3
		Инженер	25
	Итого по каждой должности	Руководитель	12
		Инженер	110
Итого			122

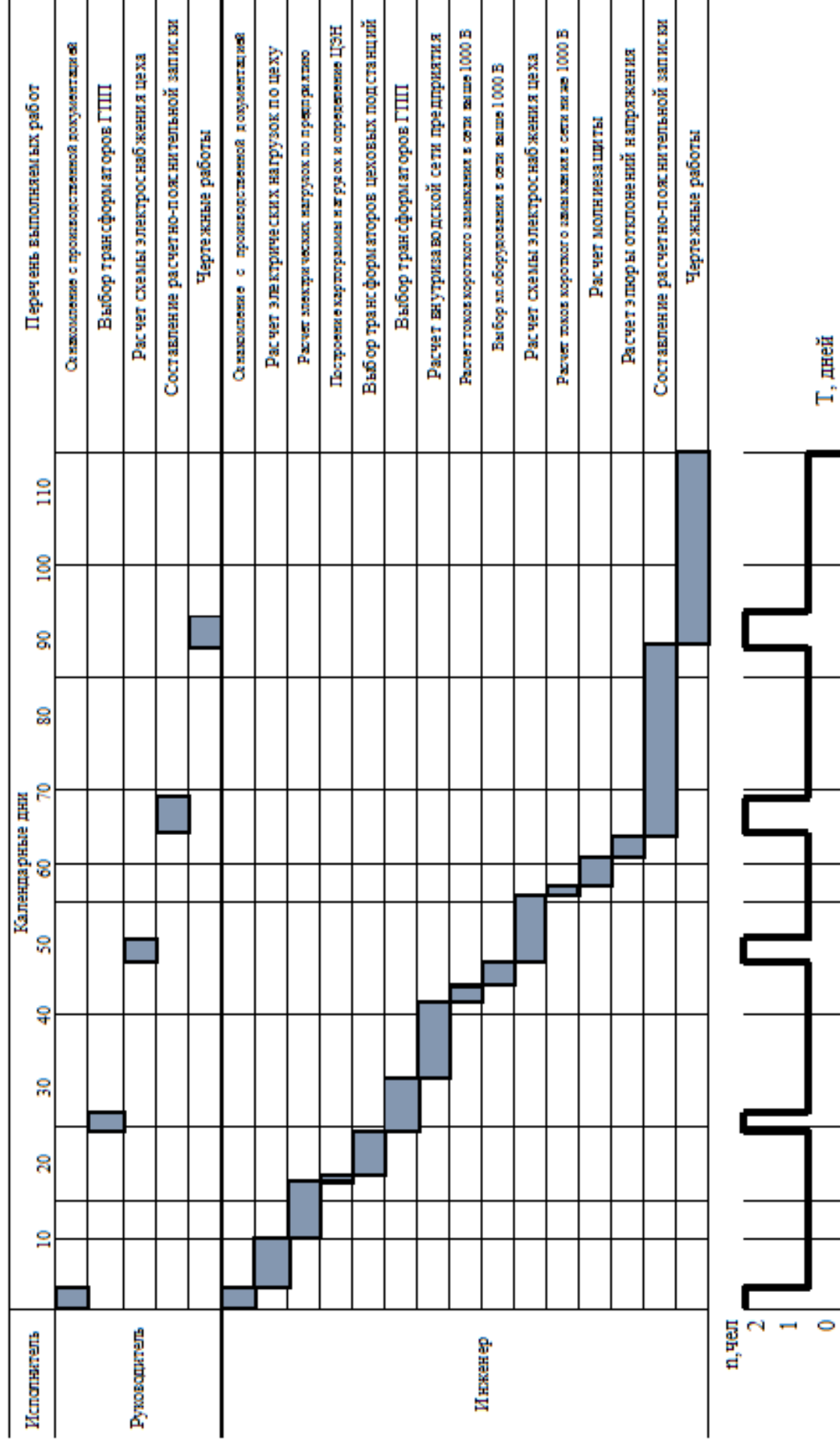


Рисунок 15.1 – Календарный план проекта и график занятости в выполнении проекта

15.2 Смета на проектирование

1) Затраты на разработку проекта

$$K_{\text{пр}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{со}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}},$$

где $I_{\text{зп}}$ – заработная плата;

$I_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$I_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$I_{\text{со}}$ – отчисления в социальные фонды;

$I_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$I_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

2) Расчет зарплаты

а) Месячная зарплата научного руководителя

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_0 + Д) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где $ЗП_0$ – месячный оклад;

$Д$ – доплата за интенсивность труда;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск;

K_2 – районный коэффициент (1,3 для Томской области).

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (26000 + 2200) \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 40326 \text{ руб}$$

Зарплата научного руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n,$$

где n – количество отработанных дней по факту.

$$I_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{40326}{21} \cdot 12 = 23043,4 \text{ руб}$$

б) Месячная зарплата инженера

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_0 + Д) \cdot K_1 \cdot K_2 = (15500 + 2000) \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 25025 \text{ руб},$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{25025}{21} \cdot 110 = 131083,33 \text{ руб},$$

Расчет для сотрудников проекта сведем в таблицу 15.2.1

в) Итого $I_{\text{фзп}}$ сотрудников

$$I_{\text{фзп}} = 23043,4 + 131083,33 = 154126,73 \text{ руб}$$

Таблица 15.2.1 - Расчет заработной платы для сотрудников проекта

Должность	$ЗП_0$, руб	$Д$, руб	K_1	K_2	$I_{\text{зп}}^{\text{мес}}$, руб
Руководитель	26000	2200	1,1	1,3	40326
Инженер	15500	2000	1,1	1,3	25025
Итого	41500	4200	-	-	65351

Материалы затраты

Таблица 15.2.2– Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб.	И _м , руб.
Флеш память	1	650	650
Упаковка бумаги А4 500листов	1	200	200
Канцтовары	-	600	600
Картридж для принтера	1	2200	2200
Итого И _{мат} , руб	-	-	3650

2) Амортизация основных фондов

$$И_{ам} = \frac{T_{исп}}{T_{кал}} \cdot Ц \cdot \frac{1}{T_{сл}},$$

где $T_{исп}$ – время использования оборудования;

$T_{кал} = 365$ – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

$Ц$ – первоначальная стоимость оборудования, руб;

$T_{сл}$ – срок службы.

Рассчитаем амортизацию для компьютера руководителя.

$$И_{ам} = \frac{12}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 164,3 \text{ руб}$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 15.2.3

Таблица 15.2.3 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб.	Количество	$T_{э}$, дней	$T_{сл}$, лет	И _{ам} , руб
Компьютер руководителя	25000	1	12	5	164,3
Компьютер инженера	25000	1	110	5	1506
Принтер	8000	1	110	5	482,1
Стол руководителя	11000	1	12	7	72,3
Стол инженера	7500	1	110	7	452
Стул руководителя	4500	1	12	5	29,5
Стул инженера	2500	1	110	5	150,6
Итого И _{ам} , руб	-	-	-	-	2856,8

3) Отчисления в социальные фонды (соц. Страхование, пенсионный фонд, мед. страховка) в размере 30% от $И_{фзп}$

$$И_{со} = 0,3 \cdot 154126,73 = 46238,02 \text{ руб.}$$

4) Прочие расходы (услуги связи, затраты на ремонт оборудования) в размере 10% от $И_{фзп}$, затрат на материалы, амортизации и отчислений в социальные фонды

$$\begin{aligned} И_{пр} &= 0,1 \cdot (И_{фзп} + И_{м} + И_{ам} + И_{со}) = \\ &= 0,1 \cdot (154126,73 + 3650 + 2856,8 + 46238,02) = 20687,15 \text{ руб.} \end{aligned}$$

5) Накладные расходы (затраты на отопление, освещение, обслуживание помещений, административные расходы)

$$И_{накл} = 2,0 \cdot И_{фзп} = 2,0 \cdot 154126,73 = 308253,46 \text{ руб.}$$

6) Затраты на разработку проекта

$$K_{\text{пр}} = I_{\text{ФЗП}} + I_{\text{м}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{со}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}} =$$

$$= 154126,73 + 3650 + 2856,8 + 46238,02 + 20687,15 + 308253,46 =$$

$$= 535812,16 \text{ руб}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 15.2.4

Таблица 15.2.4 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб
1	$I_{\text{ФЗП}}$	154126,73
2	Материалы $I_{\text{мат}}$	3650
3	Амортизация основных фондов $I_{\text{ам}}$	2856,8
4	Социальные отчисления $I_{\text{со}}$	46238,02
5	Прочие расходы $I_{\text{пр}}$	20687,15
6	Накладные расходы $I_{\text{накл}}$	308253,46
Цена проекта $K_{\text{пр}}$, руб		535812,16

15.3 Выбор варианта электроснабжения завода.

Таблица 15.3 – Структурных решений электроснабжений завода

Индекс параметра	Морфологический признак (параметр)	Вид (способ) исполнения		
		1	2	3
1	2	3	4	5
1	Вид тока	постоянный	переменный	импульсный
2	Охлаждение трансформаторов	Естественное воздушное	Естественное масляное	Масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла
3	Материал кабеля	Алюминий	Медь	-
4	Марка кабеля	ЦСБ	СБ2лШв	АСБ
5	Защитная аппаратура	Плавкие предохранители	Автоматические выключатели	-
6	Силовые распределительные пункты	Щиты распределительные	Типовое РП	
7	Схема внутрицехового электроснабжения	Магистральная	Радиальная	
Вариант решения				

15.4 Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

Таблица 15.4 - Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб		Общая стоимость, тыс. руб	
				Оборудо- вание	Монтаж	Оборудо- вание	Монта ж
1	Трансформаторы ТМЗ-630/10	шт	2	680	84,10	1360	168,2
2	ПР 11-3011	шт	2	8,36	5,38	16,72	10,76
3	Конденсаторные батареи УХН - 0,38 – 150-50У3	шт	2	87	27,25	174	54,5
4	Автомат ВА88-33	шт	39	0,85	0,88	33,15	34,32
	Автомат ВА88-35	шт	2	2,69	0,65	5,38	6,58
	Автомат ВА88-43	шт	1	1,53	0,32	1,53	0,32
5	ШРА-73	км	0,05	12,6	2,52	0,63	0,13
	ШЗМ-16	км	0,05	16,2	3,24	0,81	0,16
	Троллейный шинопровод	км	0,05	25,8	5,16	1,29	0,258
	Кабель АНРГ(4×95)	км	0,055	10,5	4,35	0,57	0,23
Итого по цеху, тыс. руб						1594,08	275,43

Суммарные капитальные вложения в систему электроснабжения цеха составляют:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{монт}} = 535,82 + 1594,08 + 275,43 = 2405,33 \text{ тыс. руб}$$

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ					
Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата	Социальная Ответственность			Лит	Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В.									
Руковод	Муравлев И.О.									
	Бородин Ю.В.									
					НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16/01					

16. Социальная ответственность.

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. В нашей стране государство направляет средства на проведение мероприятий по охране здоровья трудящихся и в частности на обеспечение техники безопасности и производственной санитарии.

В данном разделе будет рассмотрена система мероприятий по обеспечению безопасных и безвредных условий труда на Сибирском механическом заводе, а также поведение объекта в чрезвычайной ситуации. Работа электротехнического персонала заключается в ремонте электроустановок, кабельных линий, изменении схемы подстанций. Оборудование на предприятии имеет различную мощность (от 10 до 1700кВт), напряжением 0,4кВ. Технологический процесс заключается в производстве кабеля. Условия выполнения технологического процесса сопровождаются множеством опасных и вредных факторов, которые будут рассмотрены в следующем пункте.

16.1 Анализ опасных и вредных факторов

На предприятии рабочие сталкиваются с воздействием физически опасных и вредных производственных факторов.

Вредные факторы:

- Влажность воздуха;
- Температура воздуха;
- Скорость движения воздуха;
- Освещенность рабочего места;
- Шум;
- Электромагнитные излучения;
- Тепловое излучение
- Вибрация

Опасные факторы:

- Механические травмы;
- Возможность поражения электрическим током;
- Взрыв;
- Пожар

16.2 Техника безопасности

Механические травмы

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00.

При монтаже различных конструкций РУ, силовых трансформаторов и электрических машин работа обычно связана с перемещением по рабочей площадке тяжелых единиц электрооборудования, а также с подъемом тяжестей на высоту и выполнением ряда слесарных работ, при которых возможны ранения и ушибы. При перемещении и подъеме на конструкции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей их необходимо устанавливать в положение «включено» для исключения возможности травмирования рабочих ножевыми контактами рубящего типа. Для защиты от вращающихся частей электрических машин и приводов, присоединенных к ним вентиляторов необходимо создавать ограждающие устройства. Конструктивные решения оградительных устройств многообразны. Оградительные устройства делятся на стационарные, подвижные и переносные. Ограждение может быть полным лишь тогда, когда локализуется опасная зона вместе с машиной, или частичным, когда изолируется только опасная зона машины. Вид ограждения выбирается в зависимости от условий эксплуатации электроустановки. При работе на высоте используют такие меры защит как настил, специальные защитные приспособления.

Возможность поражения электрическим током

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок ПУЭ и Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М – 016 – 2001; РД 153 – 34.0 – 03.150 – 00.

При ремонте электродвигателя с отсоединением от его зажимов питающего кабеля его концы необходимо заземлить и замкнуть накоротко переносным заземлением. Работы по ремонту пусковых устройств разрешаются только при полном снятии напряжения с токоведущих частей электроустановки. Перед опробованием двигателя после монтажа необходимо проверить наличие заземления его металлического корпуса, предупредить и удалить работающих с приводимого в действие механизма и поставить все защитные ограждения.

В процессе ремонта кабелей при необходимости устройства вставки или переразделки соединительной муфты необходимо поврежденный кабель разрезать. Перед резкой кабеля или вскрытием муфты ремонтируемого кабеля руководитель работ (5группа допуска) должен установить по чертежу, что открытый или подлежащий ремонту кабель именно тот, который отключен и заземлен на подстанции. Для гарантии безопасности необходимо сделать прокол оболочки и жил кабеля специальным приспособлением, укрепленным на изолирующей штанге. Лицо, выполняющее прокол, должно быть в диэлектрических перчатках, в предохранительных очках и стоять на изолирующем основании.

Класс помещений по электроопасности, где проводятся работы – особо опасные помещения (цеха), характеризуются наличием химически активной среды, т.е. в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы,

действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования, а также токопроводящей пыли, токопроводящих полов (железобетонных). К особо опасным помещениям относятся и ЗРУ 6 кВ. Токарно-слесарные мастерские относятся к помещением с повышенной опасностью т.к. это пыльные помещения с токопроводящей пылью.

Для электробезопасности работающего требуется применять специальные защитные средства.

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно ГОСТ12.2.003-91 «Производственное оборудование, общие требования безопасности» относятся:

- электрическая изоляция токоведущих частей;
- ограждение;
- зануление;
- применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

Исправность средств защиты должна проверяться осмотром перед каждым применением, а также периодически через 6-12 месяцев.

Изолирующие средства способны длительное время выдерживать рабочее напряжение.

В электроустановках до 1000 В – диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолируемыми рукоятками и указатели напряжения. В электроустановках напряжением выше 1000 В – изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, а также указатели напряжения свыше 1000 В.

Ограждающие средства защиты предназначены для временного ограждения токоведущих частей, для предупреждения ошибочных операций, для временного заземления отключенных токоведущих частей с целью устранения опасности поражения работающих током при случайном появлении напряжения.

Предохранительные средства защиты предназначены для индивидуальной защиты работающего от световых, тепловых и механических воздействий. К ним относятся: защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т. д.

Применяемые средства защиты и спецодежда должны соответствовать требованиям стандартов и техническим условиям на их изготовление:

- куртка и брюки х/б на утепленной прокладке;
- костюм х/б;
- сапоги кирзовые;
- валенки;
- рукавицы брезентовые;
- рукавицы х/б теплые;
- очки защитные;

- пояс предохранительный деж.;
- сапоги резиновые;
- перчатки диэлектрические деж.;
- галоши диэлектрические деж.;
- п/плащ прорезиненный деж.;

Спецодежда должна быть исправной, чистой, сухой, застегнутой на все пуговицы. Ботинки хорошо зашнурованы и завязаны. Запрещается работа в электроустановках без защитной каски, с засученными рукавами, брюками, в неисправных не зашнурованных ботинках. Не допускается зашнуровка ботинок проволокой. Запрещается при выполнении любых работ на электрооборудовании иметь на руке часы с металлическим браслетом, металлические украшения на руках и шее.

Статическое электричество

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены ГОСТ 12.1.045 – 84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

Основные параметры :

- напряженность электростатического поля E , кВ/м.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля устанавливает равным 60 кВ/м в течение одного часа пребывания персоналом в электрическом поле. Источником статического заряда служат токоведущие части электрических машин.

Защита от электростатического электричества осуществляется:

- устранением уже образовавшихся зарядов (защитное заземление);
- использованием нейтрализаторов статического электричества;
- увлажнением воздуха;
- средствами индивидуальной защиты: обувь на кожаной подошве или подошве из электропроводной резины.

16.3 Расчет защитного заземления

Заземление, устраиваемое с целью обеспечения безопасности, представляет собой преднамеренное соединение с землей металлических частей электрической установки, в нормальных условиях не находящихся под напряжением, при помощи заземляющих проводников и заземлителей.

Назначение защитного заземления заключается в создании между металлическими конструкциями или корпусом защищаемого устройства и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления.

В установках 380/220В с заземленной нейтралью трансформаторов применяем систему заземления, при которой заземленные проводники соединяются с заземленной нейтралью. Наличие такого соединения превращает замыкание токоведущих частей на заземленные части установки в короткое замыкание, вследствие чего происходит отключение аварийного участка автоматом или предохранителем ГОСТ 12.1.030-81.

Из всего сказанного выше следует, что целью устройства защитных заземлений является:

а) в установках с изолированной нейтралью - обеспечение безопасной величины тока, протекающего через тело человека при замыканиях фазы сети на заземленные участки;

б) в установках с заземленной нейтралью - обеспечение возможности автоматического отключения дефектных участков сети при тех же замыканиях.

Согласно ПУЭ 1-7-32 в электроустановках без компенсации емкостных токов сопротивление заземляющего устройства при протекании расчетного тока замыкания на землю в любое время года должно быть при одновременном использовании для электроустановок напряжением до 1000В не более $R < 125 / J$ (Ом), где J - ток замыкания на землю для установок свыше 1000В.

В тоже время сопротивление для электроустановок напряжением до 1000В с глухим заземлением нейтрали трансформаторов должно быть не более 4 (Ом) ПУЭ 1-7-38.

Для защиты ТП применимо контурное заземление.

Для выравнивания потенциала внутри контура прокладывают горизонтальные полосы. Чтобы уменьшить шаговое напряжение за пределами контура, вдоль проходов в грунт закладывают специальные шины.

Протяженность кабельных линий со стороны 10 кВ $L = 50$ км, воздушных линий $L=7$ км; грунт-суглинок; $R_{уд} = 100$ Ом*м.

Измерения проводились при средней влажности грунта $Y_2 = 1,5$.

В качестве вертикальных заземлителей принимаем стальные стержни диаметром 16 мм и длиной 2,5 м. В качестве соединительной полосы стальная шина сечением 40 х 4 мм.

Расчетный ток замыкания на землю со стороны 10 кВ (фазный):

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot L_K + L_B)}{350} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot (35 \cdot 50 + 70)}{350} = 90 \text{ А.}$$

Так как к заземляющему устройству присоединяется оборудование до 1000 В, то сопротивление заземления должно быть равно или не ниже

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} = \frac{125}{90} = 1,3 \text{ Ом, но не выше норм электроустановки до 1000 В (4-10 Ом).}$$

Сопротивление заземляющего устройства принимаем $R_3 = 4$ Ом, как наименьшую.

Рассчитываем удельное сопротивление грунта:

$$\rho_{расч} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Сопротивление естественного заземления: $R_e = 6$ Ом, это сопротивление оболочки кабеля.

Сопротивление искусственного заземлителя должно быть:

$$R_{II} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} = \frac{6 \cdot 4}{6 - 4} = 12 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя:

$$R_6 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + L}{5 \cdot H - L} \right) = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 2,5}{5 \cdot 2 - 2,5} \right) = 56 \text{ Ом.}$$

6. Длина соединительной полосы равна периметру прямоугольника 10 х 5 м, т.е. 30 м.

Вертикальные стержни размещаются через каждые 2,5 м, всего 12 стержней. Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_z = \frac{\rho_{\Pi}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30^2}{0,04 \cdot 0,8} = 11,6 \text{ Ом}$$

Имея в виду, что принятый заземлитель контурный и что $n=12$, а отношение $\frac{a}{\ell_g} = \frac{2,5}{2,5} = 1$, где a - расстояние между стержнями, ℓ_g - длина стержней коэффициенты использования электродов заземлителя: вертикального $\eta_v = 0,53$, горизонтального $\eta_z = 0,31$

7. Требуемое сопротивление растеканию вертикальных стержней:

$$R_3 = \frac{R_g \cdot R_z}{R_g \cdot \eta_z + R_z \cdot \eta_g \cdot n} = \frac{56 \cdot 11,6}{56 \cdot 0,31 + 11,6 \cdot 0,53 \cdot 12} = 3,9 \text{ Ом.}$$

Это сопротивление несколько меньше, чем требуемое $R_{и}=4$ Ом, что повышает условия безопасности, поэтому окончательно принимаем число вертикальных стержней равным 12, длину 2,5 м, расстояние между ними 2,5 м:

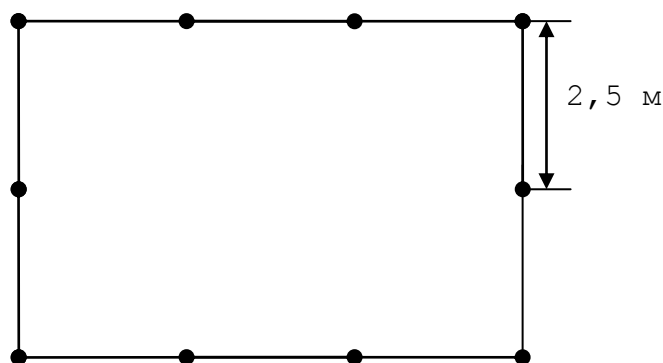


Рисунок 16.1 Расположение заземляющих электродов

Проверка: $\frac{R_u \cdot R_3}{R_u + R_3} \leq 4 \text{ Ом}$ $\frac{4 \cdot 3,9}{4 + 3,9} = 1,97 \leq 4 \text{ Ом.}$

Окончательно принимаем к установке 12 вертикальных электродов расположенных по контуру ТП.

16.3 Производственная санитария

Опасные и вредные производственные факторы, неблагоприятно действующие на человеческий организм в производственных условиях, в соответствии с ГОСТ 12.0.003 - 82 подразделяются на группы: физическая, химическая, биологическая, психофизиологическая.

Для борьбы с вредными производственными факторами и профилактическими заболеваниями должны приниматься следующие меры:

Совершенствование технологии производства автоматизация и комплексная механизация производственных процессов, исключение тяжелых ручных работ.

Повышение технического уровня санитарно – гигиенических средств за счет устройства рациональной вентиляции в производственных помещениях, отопления и освещения.

Оборудование раздевалок, сушилок для увлажненной одежды, душевых и т. д. Обеспечение работающих спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты.

Содержание территории предприятия, путей передвижения, производственных помещений и рабочих мест в чистоте и порядке.

Утомление - ослабление физического и психологического состояния человека, развивающиеся в результате его деятельности и ведущих к временному снижению его эффективности. Утомление ослабляет сопротивляемость организма к вредным воздействиям, мешает сосредоточиться и может явиться причиной несчастного случая. Предотвращает утомление внедрение рационального режима труда и отдыха четко установленный распорядок работы, отдыха, питания и сна. Такой распорядок призван обеспечить здоровье работающих, и поддержание работоспособности на оптимальном уровне.

При разработке внутренних режимов труда и отдыха следует учитывать закономерные колебания работоспособности человека в течение смены.

В первые дни недели происходит рост работоспособности человека в течение смены в связи с вхождением работающего в трудовой процесс, наиболее высокого уровня работоспособность достигает обычно на третий-четвертый день, а затем начинает постепенно снижаться. Для поддержания высокого уровня работоспособности в течение всей недели необходимо более сложные и трудоёмкие работы производить в течение третьего-четвертого дней недели.

16.4 Микроклимат

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

температура воздуха $t_{\text{оС}}$;

относительная влажность $\varphi, \%$;

скорость движения воздуха $v, \text{м/с}$;

предельно допустимая концентрация веществ ПДК;

интенсивность теплового излучения $I, \text{Вт/м}^2$.

Таблица 16.1 Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С0		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Оптимал. значение	Допустим. значение	Оптимал. значение	Допустим. значение	Оптимал. значение	Допустим. значение
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Іб	21-23	23,1-24,0	60-40	15-75	0,1	0,1
Теплый	Іб	22-24	24,1-28,0	60-40	15-75	0,1	0,1

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 вредные вещества разделяют на 4 класса опасности:

Чрезвычайно опасные (ПДК<0,1 мг/ м³)

Высокоопасные (ПДК<0,1-1 мг/ м³)

Умеренно опасные (ПДК<1-10 мг/ м³)

Малоопасные (ПДК>10 мг/ м³)

На рассматриваемом предприятии присутствуют такие вредные вещества как углекислый газ, хлористый углеводород, сернистые соединения, металлическая пыль, а также пары растворителей (бензол, толуол).

Мероприятия по созданию условий для нормальной терморегуляции организма:

- механизация и автоматизация технологических процессов;

защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов;

- устройство систем вентиляции;
- кондиционирование воздуха и отопление.

Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично т.к. воздух загрязнен вредными парами и пылью. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

Мероприятия по борьбе с загрязненностью воздуха вредными газами, парами и аэрозолями:

- удаление из производства или ограничение использования вредных веществ;
- рационализация технологического процесса, устраняющая образование газов, паров и аэрозолей;
- максимальная герметизация оборудования;
- механизация и автоматизация производственных процессов;
- увлажнение обрабатываемых материалов;
- устройство различных систем вентиляции от мест выделения газов, паров или аэрозолей;

- снабжение рабочих средствами индивидуальной защиты.

16.5 Производственная вентиляция

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 2.04.05-91.

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м³/ч.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается на входе тепловыми завесами, а охлаждается с помощью приточно-вытяжной вентиляции. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

16.6 Производственное освещение

Нормирование освещенности производится в соответствии со СП 52.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Освещение в производственных условиях определяется следующими основными параметрами:

- световой поток Φ , лм;
- сила света I , кд;
- освещенность E , лк;
- яркость L , кд/м².

Основные требования к рабочему освещению:

- освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительных работ;
- необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства;
- на рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени;
- в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная блико́сть - повышенная яркость светящихся поверхностей;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени.

Наряду с естественным освещением используется и искусственное, создаваемое электрическими или люминесцентными лампами, мощностью не менее 150 Вт.

Предусматриваются аварийное освещение с наименьшей освещенностью рабочих мест при аварийном режиме 2 лк, эвакуационное освещение освещенностью при эвакуации людей из помещений не менее 0,5 лк на уровне пола основных проходов и лестниц, а на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

Аварийное освещение на производственных объектах должно быть рассчитано на напряжение электрического тока 12 В.

Нормы общей минимальной освещенности в люкс (ЛК) производственных объектов:

- резервуары	15
- лебёдка	15
- подъемная мачта	2
- шкафы контрольно-измерительных приборов в помещениях и на наружных установках	50
- механические мастерские	50

16.7 Виброакустические вредные факторы

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

Вибрацию можно наблюдать при работе любого оборудования, во время прохождения транспорта, при КЗ большие токи вызывают динамическую нагрузку.

Таблица 16.2 Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Защита от вибраций должна начинаться, прежде всего, с их ликвидации.

Коллективные методы защиты:

- улучшение работы механизмов;
- применение амортизаторов (резиновых, пружинных, пневматических)4
- использование виброгасящего основания под соответствующее оборудование.

Средства индивидуальной защиты: специальные рукавицы, перчатки, виброзащитные прокладки и обувь.

Источниками шума являются трансформаторы, электрические машины, работающее электрооборудование, вентиляторы.

Нормируемые параметры шума на рабочем месте определены ГОСТ 12.1.003 – 83 и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Шум определяется следующими основными параметрами:

- уровень звукового давления A , дБ;
- интенсивность звука I , Вт/м²;
- уровень звука L , дБА.

Шум, создаваемый трансформаторами и электрическими машинами часто возникает из-за неплотного стягивания пакетов стального сердечника. В этом случае целесообразно устранение причины его появления.

Таблица 16.3 Допустимые уровни звукового давления, уровни звука на рабочих местах.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Мероприятия по борьбе с шумом:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения: повышение качества балансировки вращающихся деталей, улучшение смазки трущихся поверхностей;
- звукопоглощение и звукоизоляция;
- установка глушителей шума;
- рациональное размещение оборудования;
- применение специальных средств индивидуальной защиты: противошумные наушники, шлемы, вкладыши.

16.8 Защита от электромагнитных полей

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 “ Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах ” и СанПиН 2.2.4.723 –98.

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики. В настоящее время в качестве предельно допустимого значения электромагнитного поля промышленной частоты напряженностью рекомендовано:

Основные параметры ЭМП:

- частота f , Гц;
- напряженность электрического поля E , В/м;

- напряженность магнитного поля H , А/м;
- плотность потока энергии I , Вт/м².

Предельно допустимые напряженности электрического и магнитного полей на рабочих местах соответственно равны 500 В/м и 50 А/м. Предельно допустимое значение плотности потока энергии не должно превышать 10 Вт/м². В электроустановках всех напряжений должна быть установлена защита рабочих от воздействия электромагнитного поля, напряженность которого превышает допустимое значение, т.е. необходимо ограничить время пребывания следующим образом:

- 5 ÷ 10 кВ/м – не более 2х часов;
- 10 ÷ 15 кВ/м – 90 мин;
- 15 ÷ 20 кВ/м – 10 мин;
- 20 ÷ 25 кВ/м – 5 мин;
- 25 кВ/м и более – без защиты не допускается.

При напряженности электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м необходимо применять следующие средства защиты:

- экранирование или удаление рабочего места от источника ЭМП;
- применение средств индивидуальной защиты (специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки, специальные каски и шлемы);
- рациональное размещение оборудования, излучающего электромагнитную энергию.

16.9 Пожарная безопасность

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов. Основы противопожарной защиты определяются стандартами ГОСТ 12.1.004-86 “Пожарная безопасность” и ГОСТ 12.1.010-86”Взрывопожарная и пожарная опасность. Общие требования.” Методика определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности должна использоваться в проектно-сметной и эксплуатационной документации на здания, помещения и наружные установки.

Категории помещений и зданий предприятий и учреждений определяются на стадии проектирования зданий и сооружений в соответствии с настоящими нормами и ведомственными нормами технологического проектирования, утвержденными в установленном порядке. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 — В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Классификация производств по пожарной опасности (ППБ-03).

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2
В4	Твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна),

Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючей является изоляция обмоток электрических машин, трансформаторов, различных электромагнитов (контакты реле, контрольно-измерительные приборы), а так же электронагревательные приборы.

Всевозможные лаки, компаунды, масла, битумы, канифоль, сера и ряд других электроизоляционных и конструктивных материалов, которые являются горючими и пожароопасными. В случаях значительных перегрузок проводников, и особенно, при прохождении токов К.З, температура изоляции возрастает настолько, что материал разлагается с выделением, горючих паров и газов, что и бывает причиной возгорания.

Большую опасность возникновения пожара представляют маслonaполненные аппараты: трансформаторы, кабели с бумажной изоляцией пропитанные маслoканифольевым составом.

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Наибольшую пожарную опасность представляют маслonaполненные аппараты-трансформаторы, баковые выключатели высокого напряжения, а так же кабели с бумажной изоляцией и электрические печи.

Средства пожаротушения:

Для тушения пожара широко применяются различные химические средства, выбрасываемые в очаг пожара с помощью огнетушителей. В настоящее время наибольшее применение имеют ручные жидкопенные огнетушители типа ОП-1 и густопенные типов ОП-3 и ОП-5б. Для этих огнетушителей применяется заряд, состоящий из кислотной и щелочной части. Например: углекислотные огнетушители типов ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 и другие, предназначенные для тушения возгорания различных материалов и электроустановок. Огнетушитель типа ОУБ-7 (углекислотно-бром-этиловый), он позволяет тушить установки до 1000 В под напряжением. Согласно ПУЭ при сдаче в эксплуатацию в КТПН должны быть обеспечены противопожарными средствами и инвентарём.

Поэтому устанавливается в помещении РУ-0,4 кВ пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00):

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 - 2шт
- пенный огнетушитель – 1 шт
- ящик с песком 3м³ - 1шт
- асбест 2 х 1,5м – 1шт
- ведро - 2 шт
- лопата - 2шт
- багор

Осмотры и работы в кабельных сооружениях (колодцы, туннели, коллекторы) представляют особую опасность для электротехнического

персонала в связи с тем, что в них возможно появление вредных и взрывоопасных газов.

Перед началом осмотра или работы внутри кабельных сооружений необходимо убедиться в отсутствии вредных горючих газов. Эта проверка должна выполняться при помощи специального контрольного прибора, но не при помощи открытого огня. Для вытеснения из кабельного колодца, не имеющего приточной вентиляции, вредного газа применяется нагнетание чистого воздуха вентилятором или компрессором, установленным снаружи, рукав от которого опускается вниз, не достигая дна колодца 0,25 м. У открытого кабельного колодца должно быть ограждение или установлен предупредительный знак.

16.10 Экологическая безопасность.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения), ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) и ГОСТ 17.1.1.02-86 (Гидросфера).

Для работающих на промышленных предприятиях, непосредственной окружающей средой является воздух рабочей зоны.

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, далее после очистки рассеивается в атмосферу. Достаточная высота дымовых труб обеспечивает рассеивание выбросов на больших площадях, тем самым концентрации вредных газов в воздухе становятся незначительными.

Источниками сточных вод являются цеховые и хозяйственно-бытовые сбросы. Для предотвращения загрязнения гидросферы сточными водами применяются очистные сооружения и замкнутая система водоснабжения.

Твердые отходы на предприятии сначала складировются, а затем вывозятся на полигон либо сдают в пункты приема цветного металла. Для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия близ прилежащих районов.

16.11 Чрезвычайные ситуации

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия - явления природы, возникающие, как правило, внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, иногда гибели людей и уничтожению материальных ценностей.

На предприятии предусмотрен защитные меры от таких ЧС как:

- взрыв, пожар
- удар молнии

инфекционная болезнь людей (эпидемии гриппа и др.)

Для обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС предусмотрено питание от двух источников электроэнергии, удаленных на такое расстояние,

чтобы исключить возможность разрушения их в военное время одним ядерным ударом, а в мирное время – стихийным бедствием или аварией, а также имеются резервные источники питания.

В целях снижения опасности взрыва применяют вентиляционные установки, автоматическую сигнализацию, систематически контролируется температура узлов электрооборудования. На каждом этаже предприятия установлена радиоточка для оповещения людей о пожаре или другой ЧС.

От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к которым присоединяются токоотводы, все металлические конструкции и оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

В качестве профилактики от сезонных вспышек вируса гриппа регулярно проводится вакцинация работающих.

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий. Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на всех объектах формируются службы ГО. Они предназначены как для проведения спасательных работ в военное время, так и для ликвидации последствий стихийных бедствий и крупных аварий.

На сводные отряды (команды, группы), помимо спасения людей, возлагаются неотложные аварийно-восстановительные работы, тушение пожаров, обеззараживание участков местности, транспорта, техники.

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике.

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ					
Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата	Заключение			Лит	Лист	Листов
Выполнил	Абакумов А.В.									
Руковод	Муравлев И.О.									
								НИТПУ ИнЭО гр.З-5А16/01		

17. Заключение

В дипломном проекте рассчитана сеть электроснабжения «Сибирского механического завода».

Определены:

- полная расчетная нагрузка механического цеха методом упорядоченных диаграмм

$$(P_p = 236,96 \text{ кВт}, Q_p = 211,4 \text{ кВАр}, I_p = 469,4 \text{ А});$$

- полная суммарная нагрузка предприятия в целом

$$(P_p = 4856,95 \text{ кВт}, Q_p = 3626,85 \text{ кВАр});$$

- полная расчетная мощность предприятия ($S_{p.гпп} = 6167,2 \text{ кВА}$).

Согласно расчету нагрузки по потребителям построена картограмма нагрузок для потребителей 0,4 кВ с выделенным сектором осветительной нагрузки, определен центр нагрузок на территории предприятия.

Рассчитаны мощность и число трансформаторных подстанций. Для компенсации реактивной мощности выбраны комплектные конденсаторные установки УКБН-0,38-100, количеством 11 штуки и полной мощностью 1100 кВА.

Эл.снабжение предприятия осуществлено от подстанции энергосистемы, которая располагается на расстоянии 7 км от ГПП завода. При наличии одного источника в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям напряжением 35 кВ. Питающие линии выполняются воздушными, проводом марки АС-35. На ГПП, с целью обеспечения надежности эл.снабжения потребителя второй категории, устанавливаются два трансформатора ТМН – 6300/35.

На стороне 10 кВ ГПП используют одинарную систему шин с секционным выключателем и устройством АВР. РУ 10 кВ выполняется шкафами КРУ с выключателями на выкатных тележках. На цеховых ТП используются двух- и однострансформаторные подстанции с трансформаторами номинальной мощностью 630 кВА. Питание цеховых ТП производится по одно и двухцепным кабельным линиям напряжением 10 кВ марки АС проложенных по эстокаде.

Также был произведен расчет молниезащиты ОРУ: выбрана высота молниеотводов, определена зона защиты.

При расчете эл.снабжения механического цеха произведен выбор вводного автоматического выключателя РУ: ВА 88-43-1600 и выключателей распределительных пунктов. Выбраны сечения шинопроводов, питающих цеховые электроприемники.

Построены эпюры отклонения напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов работы.

По результатам расчета токов к.з. в сети 0,4 кВ построена карта селективности действия аппаратов защиты токовой сети. Из построения видно, что все аппараты работают селективно.

В разделе социальная ответственность были рассмотрены опасные и вредные факторы, воздействующие на рабочего в цехе и предложены меры к устранению этих факторов, или снижению величины их воздействия.

В экономической части составлена смета на проектирование и на электрооборудование завода.

					ДП-ФЮРА.3710000.101.ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	<i>Список литературы</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Выполнил</i>		<i>Абакумов А.В.</i>						
<i>Руковод</i>		<i>Муравлев И.О.</i>						
						<i>НИТПУ ИнЭО гр.3-5А16</i>		

Список литературы.

1. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения: Учебник для студентов вузов специальности «Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства»: - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 391 с., ил.
2. Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М. Кирова, 1988. – 96 с.
3. Белоруссов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Н.И. Белорусов, А.Е. Саакян, А.И. Яковлева: Под ред. Н.И. Белоруссова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.; ил.
4. Беркович М.А. и др. Основы автоматики энергосистем / М.А. Беркович, А.Н. Комаров, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 432 с., ил.
5. ГОСТы: ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
ГОСТ 12.1.003 – 83 «Шум»;
ГОСТ 12.1.038 «Электробезопасность»;
ГОСТ 12.0.003 – 82 «Опасные и вредные производственные факторы»;
ГОСТ 12.1.002 – 84 «Электрические поля промышленной частоты»;
ГОСТ 12.1.045 – 84 «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;
ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»;
ГОСТ 12.1.004-86 «Пожарная безопасность»;
ГОСТ 12.1.010-86 «Взрывобезопасность»;
ГОСТ 12.2.003-91 Оборудование производственное.
6. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.; ил.
7. Кабышев А.В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие/Изд-во ТПУ, 2006.-124с.
8. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов вузов по специальности «Электропривод и

автоматизация промышленных установок» - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 400 с., ил.

9. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.: ил.

10. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 142 с.

11. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. М., «Энергия», 1973. – 584 с.; ил.

12. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового проектирования: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.

13. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие/ Том. политехн. ун-т. – Томск, 2002. – 100 с.

14. НПБ 105-03 Нормы пожарной безопасности, 2003

15. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности электроустановок потребителей. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 424 с.: ил.

16. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.: ил.

17. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. – М. Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.: ил.

18. Соколов Б.А., Соколова Н.Б. Монтаж электрических установок. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.: ил.

19. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.1. Электроснабжение / Под общ. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.: ил.

20. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.2. Электрооборудование / Под общ. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.: ил.
21. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под общ. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. В 2-х кн. Кн.1. Проектно – расчетные сведения. М., «Энергия», 1973. – 520 с., ил.
22. СанПиН 2.2.4.548 – 96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21).
23. СанПиН 2.2.4.723 –98 "Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях" (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 13 ноября 1998 г. N 31)
24. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"
25. СНиП 2.04. 05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование."
26. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 427 с., ил.
27. Электротехнический справочник: В 3 т. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 7-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 488 с.: ил.
28. Электротехнический справочник. В 4 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ. ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов) – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 518 с.: ил.